

卷之二 雜著

（一）論學問之進步

（二）論教育之改良

（三）論社會之進步

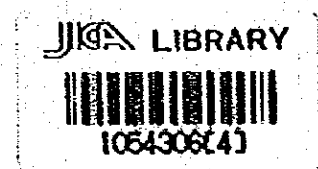
（四）論國家之改良

ボリヴィア共和国南部地区
鉍物資源開発基礎調査報告書

第 4 卷
(総括報告書)

昭和54年 2 月

国際協力事業団
金属鉍業事業団



国際協力事業団	
設立 55.3.14	7962
法人 84.8.29	7651
登録No. 6014330	MPN

は し が き

日本政府はボリヴィア共和国の要請に応え、同国南部地区の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等の鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が地質および鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に依頼することとした。本調査は昭和51年10月から昭和54年2月までの3ケ年にわたって実施され、ボリヴィア共和国政府関係機関、特に鉱山冶金省、ボリヴィア鉱山公社の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は3ケ年間の調査結果をとりまとめたものである。

おわりに、本調査の実施にあたって御協力をいただいたボリヴィア共和国の関係機関、ならびに通商産業省、外務省、在ボリヴィア日本大使館および関係各社の方々に、衷心より感謝の意を表するものである。

昭和54年2月

国際協力事業団

総 裁 法 隈 晋 作

金属鉱業事業団

理事長 西 家 正 起

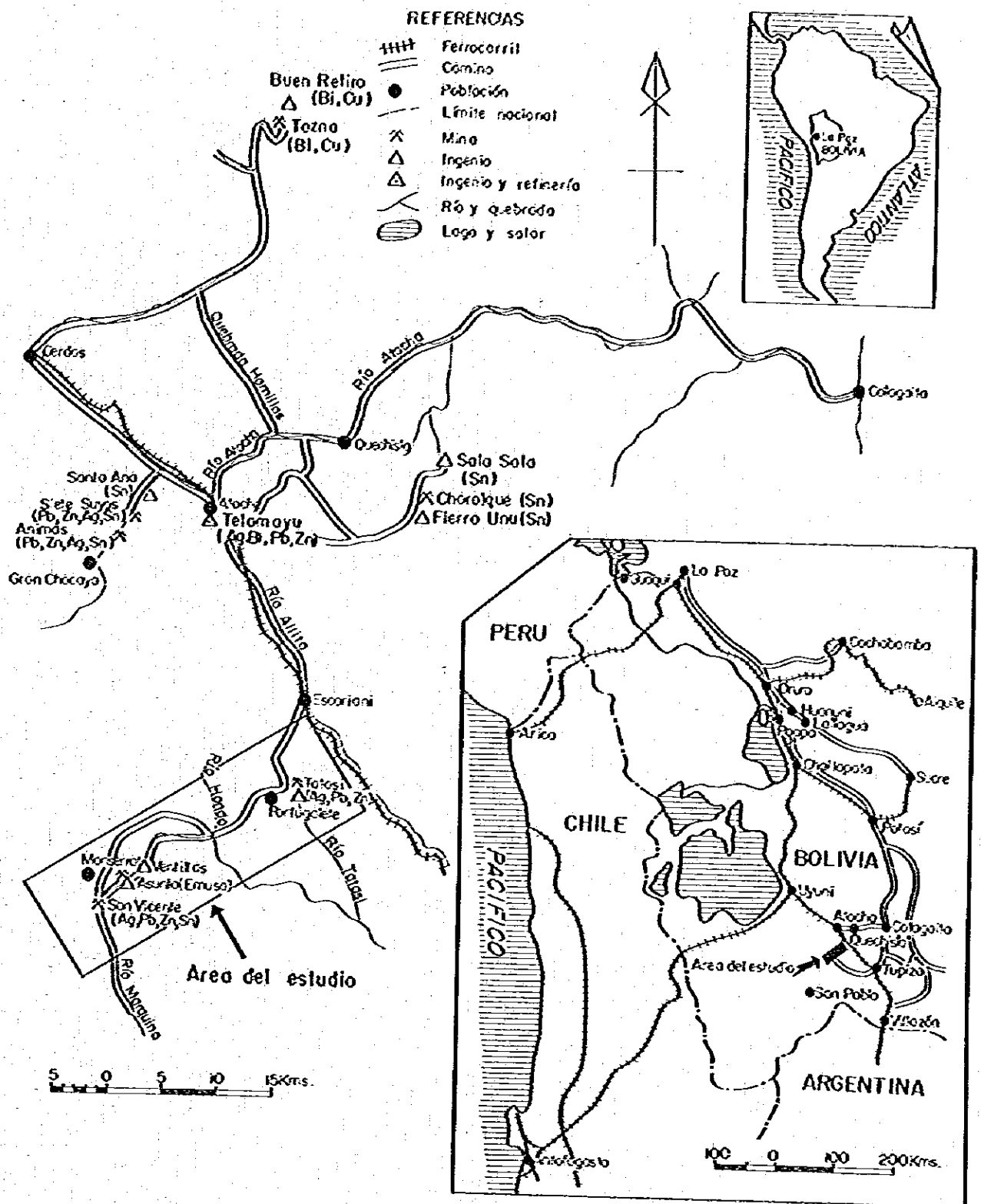


Fig. 1 Plano del área de investigación

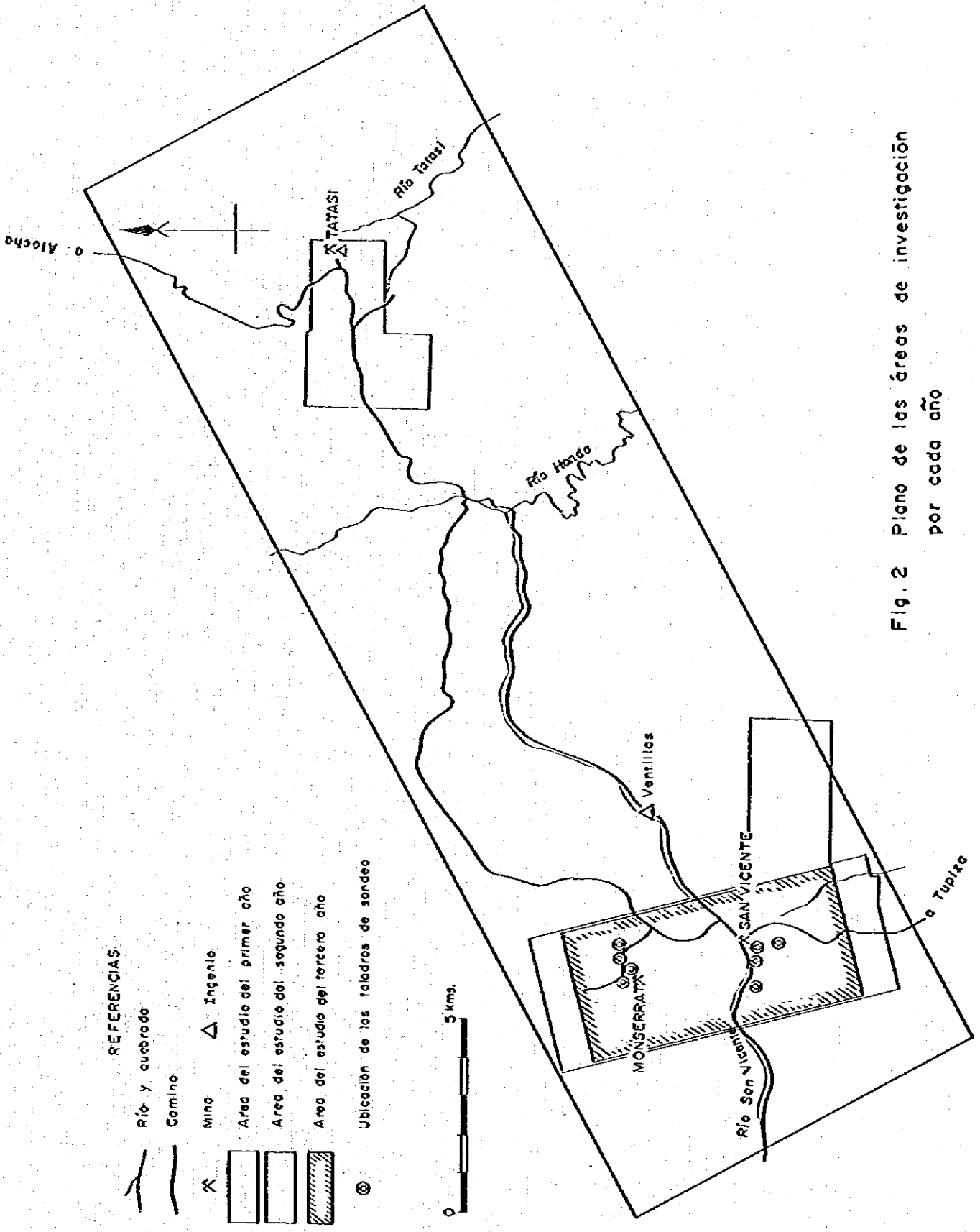


Fig. 2 Plano de las áreas de investigación por cada año

要 約

本調査はボリヴィア共和国南部地区における、亜鉛を主とする鉱物資源開発を目的として、昭和51年10月より昭和54年2月に至る3ケ年にわたり、実施されたものである。調査実施に当っては、ボリヴィア鉱山公社の多大の協力を得た。

(1) 調査は、調査対象地域面積300km²の中から、段階的に鉱床賦存の有望な地域を抽出する方式をとり、その目的により、地質調査、地表地質精査、坑内地質精査、IP法による物理探査、および試錐の各方法が用いられた。

(2) 調査地域はボリヴィア南部のアルティプレーノ高原地帯にあり、侵蝕が進んで壮年期地形を呈する地域で、高度は海拔4,700mに達する。年間雨量が少なく、また標高が高いため、昼夜の気温格差が大きく、特殊な気候のため半砂漠的山地、および高原となっており、植生も極めて少ない。

(3) 調査地域の地質は、地域の南西部には新第三系の礫岩層、中央部ではオールドビス系の砂岩、粘板岩およびこれらの互層よりなる。オールドビス系は調査地域の最下位層で、地域の基盤を形成している。これに対し、調査地域の北東部では、オールドビス系を傾斜不整合をもって覆う白亜系、新第三系が分布している。さらに、これらを買いて、San Vicente (サンビセンテ) 地域およびTatasi (タタン) 地域で、中新世後期の石英安山岩を主とする火山岩の噴出と、貫入がみられる。

(4) 調査地域の地質構造は、基盤をなすオールドビス系と、それを傾斜不整合に被る白亜系に、顕著な北北西-南南東方向の褶曲構造がみられる。これらの褶曲構造の方向は、アンデス山系の構造の方向と一致している。また、オールドビス系は、その南西側に分布する新第三系に対し、北北西-南南東方向のSan Vicente 逆断層をもって接している。その逆断層の方向が、上記褶曲構造の方向と一致することより、東西方向の横圧力、即ち一連のアンデス山系の構造運動の結果により生じたものと考えられる。これに対し、新第三系の褶曲は比較的弱く、その褶曲構造の方向は東西性であり、明らかに構造的な不調和を呈している。

(5) 調査地域の主な鉱床は、San Vicente 地域のSan Vicente 鉱床群とMontserrat (モンセラート) 鉱床群、Tatasi 地域のTatasi 鉱床群、およびSan Vicente 断層の東方に位置するAsunta (アスンタ) 鉱床群である。これらは明らかに、上記構造運動により擾乱された部分に、噴出、もしくは貫入した中新世後期の石英安山岩と、密接な関係を有している。

(6) San Vicente 鉱床群、Montserrat 鉱床群およびTatasi 鉱床群の裂罅は、いずれも東西方向の横圧力によって、形成されたものと考えられる。従って、鉱脈も東西方向の横圧力にもとづく一次の剪断面および張力面、二次の剪断面および張力面に沿う裂罅を充填して生成し

たものと考えられる。

(7) San Vicente 鉱床群は含銀四面銅鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱、黄鉄鉱が主要鉱石鉱物としてみられ、他に黄錫鉱、錫石、白鉄鉱を伴ない、脈石鉱物は石英、重晶石を主としている。Montserrat 鉱床群は、銀鉱物として含銀四面銅鉱、濃紅銀鉱、Ag-Pb-Bi-Sb-S 鉱物、錫鉱物として黄錫鉱、錫石がみられ、閃亜鉛鉱、黄銅鉱、方鉛鉱、黄鉄鉱を主要鉱石鉱物としている。また脈石鉱物は、絹雲母と石英を主としている。Tatasi 鉱床群は、銀鉱物として濃紅銀鉱、淡紅銀鉱、輝安銅銀鉱、含銀四面銅鉱、輝銀鉱、エレクトラムがみられ、その鉱物種が多いことが一つの特徴である。また錫鉱物として黄錫鉱、錫石がみられ、方鉛鉱、閃亜鉛鉱が主要な鉱石鉱物であり、黄銅鉱、碲鉄鉱、毛鉱、車骨鉱、白鉄鉱を伴っている。また脈石鉱物として石英、菱鉄鉱、粘土鉱物がみられる。

(8) これらの鉱石鉱物の晶出順序と、共生関係は、黄鉄鉱、錫石、閃亜鉛鉱が比較的早期に晶出し、次いで黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱、碲鉄鉱、黄錫鉱、方鉛鉱、輝銀鉱、エレクトラム、含銀四面銅鉱、濃紅銀鉱、輝安銅銀鉱、Ag-Pb-Bi-Sb-S 鉱物、毛鉱、車骨鉱が晶出し、黄鉄鉱の晶出は晩期まで引き続いており、白鉄鉱が最後に晶出したものと考えられる。

鉱脈試料の分析結果より、San Vicente 鉱床群では、銀-銅および錫-銅のそれぞれの元素間の相関が密接であり、これは含銀四面銅鉱および黄錫鉱に起因するものと考えられる。Tatasi 鉱床群では、銀-鉛および銀-アンチモンのそれぞれの元素間の相関が密接であり、これは方鉛鉱中に銀が含まれ、かつ方鉛鉱が銀鉱物と密接に共生するためであること、および銀鉱物にはアンチモンを含む鉱物が多いためと考えられる。

(9) 鉱石鉱物の共生関係、および各元素の相関の密接さにより、銀、鉛、銅、錫、アンチモンの各元素はその変動を共にし、特に亜鉛の元素は閃亜鉛鉱の晶出の期間が長いから、他の元素と異った変動を示すことが明らかになった。この関係に着目し、銀、鉛、亜鉛の三角図表に、鉱脈試料の全ての分析結果をプロットし、これを基に、銀-鉛と亜鉛の帯状分布図を作成した。

(10) San Vicente 鉱床群の帯状分布図によると、San Vicente 鉱床群はあたかも San Francisco (サンフランシスコ) 断層を中心として、その北西側に鉱化作用が広がった分布形態を示し、San Francisco 断層の南東側にも、対称的な San Francisco 脈を含む鉱化範囲が予想されるに至った。また San Vicente 鉱床群の帯状分布図は、0m 坑道と-30m 坑道と大差なく、下部への鉱質の変化は極めて緩やかであり、San Vicente 鉱床群の下部への延長が期待される。

(11) Tatasi 鉱床群の銀-鉛と亜鉛の帯状分布は、Guadalupe (グアダルーベ) 坑において、0m 坑道、-70m 坑道、-110m 坑道では大差ないが、-110m 坑道で Santo Dom-

ingo (サントドミンゴ) 脈, Santo Domingo 支脈の亜鉛の平均品位が高くなっていることより, より深部に近づいてはいるが, -110m 坑道の銀の平均品位が未だ高いので, 急激な鉱況の悪化は考えられず, Tatasi 鉱床群もさらに下部への延長が期待される。

(12) Monserrat 坑の 0m 坑道, M52-1 試錐孔および M52-2 試錐孔で把えられた鉱脈は, 錳が高いことより, 銀-鉛と錳の帯状分布について, 0m 坑道と M52-1 試錐孔を含む断面で検討したが, 深部で明らかに銀-鉛に比し, 錳が高くなる傾向を示し, Monserrat 鉱床群の下部への探鉱が, 錳を対象にすべきものであることが明らかになった。

(13) Seis de Agosto (セイス デ アゴスト) 脈西部, およびその下部に対し実施された M53-3 試錐孔, 中部よりやや西の下部に実施された M53-2 試錐孔では, Seis de Agosto 脈の鉱況は良好でなかった。しかし, 中央部およびやや東部の坑道における鉱況は良好で, 下部に期待される。またこの南部, 即ち Seis de Agosto 脈と Guernica (ゲルニカ) 脈間には, 二次剪断, または二次張力裂罅に該当する Jesús Maria (ヘスマリア) 脈, Adela (アデラ) 脈, Ferelys (フェレリス) 脈などの各脈が発達し, 比較的品位も良好である。従って, 鉱化作用の中心は Seis de Agosto 脈中部, 東部付近よりこれらの裂罅の発達した部分にあったものと想定され, この付近の下部探鉱を実施すべきである。

(14) San Francisco 脈について実施した M53-1 試錐孔では, 数条の細脈, San Francisco 脈に該当する粘土化, 珪化破砕帯に達したが, この変質帯に続く下部の鉱化部がないかどうか検討を要する。この付近より西部にかけて広く分布する IP 異常については, San Francisco 脈と同型の鉱脈の存在が推定され, Quebrada San Francisco (サン フランシスコ谷) の西岸については, 適当な位置を選定の上, 副次的に, 下部探鉱を実施してみる必要がある。

(15) Monserrat 鉱床群については, 第2年次実施の M52-1, M52-2 試錐孔, 第3年次実施の M53-4, M53-5 試錐孔によって, 多数の細脈が把握され, これらの脈の位置が明瞭な脈を中心に, 7グループの鉱脈群に分け, 下盤側より① Salvadora (サルバドラー) 下盤脈グループ, ② Salvadora 脈グループ, ③ Salvadora 上盤脈グループ, ④ A 脈グループ, ⑤ B 脈グループ, ⑥ San Martin (サン マルチン) 脈グループ, ⑦ San Martin 上盤脈グループに分類した。このうち最も鉱化作用が優勢なグループは, Salvadora 脈グループおよび San Martin 脈グループである。

IP 異常帯もこの Salvadora 脈グループ上に出現し, この異常帯が西部で深くなる傾向があり, Salvadora 脈は西部の M52-1 試錐孔で, 上記の如く深部で着鉱しているので, M52-1 試錐孔西部およびその下部に対し, IP 異常帯の西縁まで探鉱を引続き実施する必要がある, その結果に期待したい。San Martin 脈については, 着鉱部の品位が比較的良好

で、今後水平方向と、その下部探鉱を実施して、展延状況を確認する必要がある。

(6) Monserrat 鉱床群の鉱石鉱物は、San Vicente 鉱床群と類似の構成を示すが、特に黄錫鉱、錫石、四面銅鉱およびその他の硫酸銀鉱 (Silver Sulphosalt) に富み、これらに由来した錫、銀の品位が高い。

各元素間の相関は、銅-錫が最も高く直線的相関を示し、次いで銀-銅が高く、これより銅-銀の相関も高い。一般に高錫帯は深部に存在しているが、San Martin 脈などは、浅部でも錫品位が高いところがある。このように鉱石の主体は、銀、錫鉱石であり、今後の探鉱計画の立案には、これら鉱石の回収も考慮の上、計画されなければならない。

(7) Monserrat 鉱床群の鉱脈の形態は複雑であり、(5) に示す如く鉱脈は、7つのグループに分類したが、これらは便宜的なもので、今後トレンチによる地表露頭調査、0 m 立入坑道の掘進継続を行なって裂隙系を明らかにし、今後実施する試錐に現われる各脈の対比を明らかにし、正確な鉱床の評価を行なう必要がある。

(8) 物理探査 (IP法) による異常帯は、San Vicente 鉱床群の Seis de Agosto 脈上、Quebrada San Francisco 付近、および Monserrat 鉱床群の Salvadora 脈上に現われている。また Tatasi 鉱床群においては、San Gregorio (サン グレゴリオ) 脈上、Portugalete (ポルトガレーテ) 西方に現われているが、いずれも地質調査の結果とも関連して、重要な探鉱の指針となっており、San Francisco 脈上の IP 異常帯などの如く、一部試錐によって確認された地区もあるが、今後、さらに IP 異常帯には探鉱を実施し、鉱況を確認する必要がある。

こうした脈状鉱床に対する IP 法物理探査の適用性については、Seis de Agosto 脈に実施した結果では、電極間隔、電極移動間隔をそれぞれ 50 m、電極間隔係数を 1~4 で変化させれば、充分鉱脈の存在を確認出来ることが判明し、これによって、本調査区域における鉱床と類似の型式の鉱床に対しては、IP 法 (Dipole - Dipole 電極配置) の調査が有効であることが判明し、単に本調査実施地区の鉱床のみならず、同型の他の地区の鉱床についても活用することが望まれる。

目 次

は	し	が	き		
位	置	図			
要	約			1
第	1	章	序	論	5
	1	-	1	調査の経緯および目的	5
	1	-	2	調査概要	5
第	2	章	調査地域の一	般概要	10
	2	-	1	位置、交通	10
	2	-	2	地形、気候	10
	2	-	3	鉱産	11
第	3	章	調査地域の地	質概要	14
	3	-	1	地質概要	14
	3	-	2	地質構造	19
	3	-	3	地史	20
	3	-	4	鉱床	22
第	4	章	第1年次調査		29
	4	-	1	調査方法	29
	4	-	2	第1年次調査結果	29
第	5	章	第2年次調査		32
	5	-	1	調査方法	32
	5	-	2	第2年次調査結果	33
第	6	章	第3年次調査		36
	6	-	1	調査方法	36
	6	-	2	第3年次調査結果	36
第	7	章	結論および	将来への展望	43
	7	-	1	調査方法	43
	7	-	2	結論	44
	7	-	3	今後の方針	46
参	考	文	献		
参	考	資	料		

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1 Plano del área de investigación
- Fig. 2 Plano de las áreas de investigación por cada año
- Fig. 3 Columna geológica
- Fig. 4 Perfil idealizado
- Fig. 5 Ilustración explicativa de modelo de vetas de la mina San Vicente
- Fig. 6 Modelo de vetas de la mina San Vicente
- Fig. 7 Diagrama triangular de plata, plomo y cinc de todas las muestras obtenidas en interior mina de San Vicente
- Fig. 8 Zonamiento de plata, plomo y cinc de la mina San Vicente, Niv. 0mt.
- Fig. 9 Zonamiento de plata, plomo y cinc de la mina San Vicente, Niv.-30mts.
- Fig. 10 Perfil demostrativo de zonamiento de plata, plomo y estaño de los yacimientos de Monserrat
- Fig. 11 Modelo de vetas de la mina Tatasi
- Fig. 12 Diagrama triangular de plata, plomo y cinc de todas las muestras obtenidas en interior mina de Tatasi
- Fig. 13 Zonamiento de plata, plomo y cinc de la mina Tatasi, Guadalupe Niv. 0mt., Alcira Niv.-70mts. y San Francisco Niv. 35mts.
- Fig. 14 Zonamiento de plata, plomo y cinc de la mina Tatasi, Guadalupe Niv.-70mts. y Alcira Niv.-140mts.
- Fig. 15 Zonamiento de plata, plomo y cinc de la mina Tatasi, Guadalupe Niv.-110mts.
- Fig. 16 Plano de sección longitudinal de la veta Seis de Agosto
- Fig. 17 Diagramas triangulares de Ag-Pb-Sn, Ag-Sn-Cu y Ag-Sn-Zn por cada grupo de vetas de la zona Monserrat
- Fig. 18 Diagramas triangulares de Ag-Pb-Sn, Ag-Sn-Cu y Ag-Sn-Zn por las alturas de la zona Monserrat
- Fig. 19 Plano diagramático de perfiles de la zona Monserrat

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1 Flujograma de las investigaciones por cada año
- Tabla 2 Lista de investigadores
- Tabla 3 Lista de administración y producción de las minas de la Empresa Minera Quechisla (1978)
- Tabla 4 Vetas, minerales y sus leyes por cada veta de la mina San Vicente
- Tabla 5 Vetas, minerales y sus leyes por cada veta de la mina Tatasi

LISTA DE PLANOS

Pl.1	Mapa geológico y perfiles geológicos	1:25,000
Pl.2-1	Mapa de interpretación sumaria, Zona de la mina San Vicente	1:10,000
Pl.2-2	Mapa de interpretación sumaria, Zona Monserrat	1:10,000
Pl.3	Mapa de interpretación sumaria, zona oeste de Tatasi	1:10,000

第 1 章 序 論

1-1 調査の経緯および目的

昭和49年ボリヴィア政府は、日本政府に亜鉛製錬所建設に関する技術協力を要請し、日本政府はこれに応じて、昭和50年2月および昭和51年3月の再度にわたって調査団を派遣して、亜鉛製錬所建設およびそれに伴うインフラストラクチャーの調査検討を行なった。他方、ボリヴィア政府は、亜鉛製錬所建設計画に呼応して、その原料確保のための努力を重ねてきたが、その結果、今後採鉱開発を行なうべき地域として、Cochabamba(コチャバンバ)南方の鉛、亜鉛鉱床地帯、Potosi(ポトシ)東方のHuara-Huara(ワラ-ワラ)-San Lucas(サンルーカス)鉛、亜鉛鉱床地帯、Tupiza(トゥピサ)地域一帯の鉱床地帯を抽出し、その採鉱開発に対する援助を日本政府に要請して来た。

これをうけて、日本政府は協力調査の実現を計るため、昭和51年6月調査団を派遣し、これらの地域の有望性と、資源開発協力基礎調査の実施の可否を検討させたが、その結果Tupiza地区の一部のSan Vicente 鉱山、および Tatasí 鉱山を含む南部地区[※]は、亜鉛鉱床賦存のポテンシャルティが高く、採鉱結果によっては、早急に有力な亜鉛製錬原料の供給地になり得るといふことで、両国代表は調査対象地として、南部地区を選定することに合意した。

本調査の目的は、調査地域の地質および地質構造を把握するとともに、金属鉱床の賦存が期待される地質環境や、鉱徴地を明らかにし、有効な探査方法を用いて、有望な鉱床賦存地域を抽出することにある。

1-2 調査概要

昭和51年度を第1年次とし、昭和53年度を第3年次とする3年間にわたるボリヴィア共和国南部地区資源開発協力基礎調査は、Fig. 1に示した如く、Atocha(アトチャ)南方約30kmに位置する面積300km²の範囲において実施された。調査方法としては、ボリヴィア鉱山公社(Corporacion Minera de Bolivia, 略称COMIBOL)の協力を得て地質調査、IP法による物理探査および試鑛が実施された。

調査の経緯は、Tabla 1に示すように、複数の探査方法の結果を、総合的に解析することによって、当初の調査地域から、有望な鉱床賦存区域が抽出された。

本調査に従事した調査員は、Tabla 2に示す。

1-2-1 第1年次調査

第1年次の調査は、調査対象地域の面積300km²の範囲において、地質調査が実施された。

※ 昭和51年に実施された第一年次調査では南部サンビセンテ地区と呼称している。

Table 1. 年度別調査フローシート

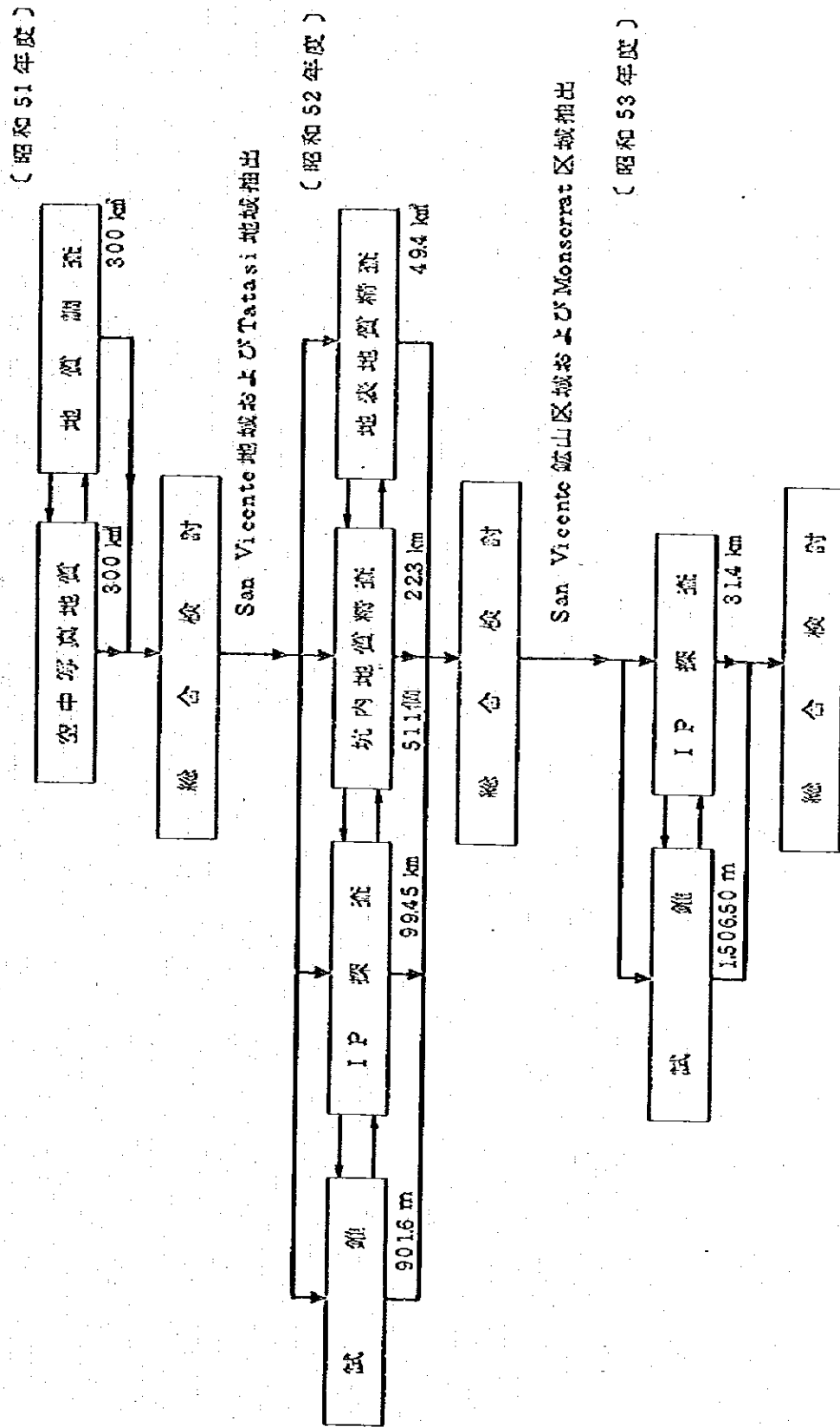


Table 2. 調査団員一覧表

年度別	昭和51年度調査団員		昭和52年度調査団員		昭和53年度調査団員	
	ボリブアイア側	日本側	ボリブアイア側	日本側	ボリブアイア側	日本側
総括および渉外	M. Jiménez C.	堀田 敦 史 菅 水 河 海 山 口 敏 二 夫	M. Jiménez C. C. Sandy A.	河 中 山 守 津 陽 次 夫 健	M. Guerra A.	黒 沼 廣 治 千 宮 中 村 内 村 弘 洋 治
地質調査班	C. Gamboa S. Mendoza M. Aramayo T. Pozo C. Sandy A.	黒 山 柳 山 大 沼 田 中 坪 廣 島	J. Ceres A. N. Flores Z. C. Ortiz J.	黒 高 水 野 中 沼 橋 口 納 村 廣 由 忠 敏 治 郎 夫 展 廉		
物理探査班			M. Delgado R. R. Rico A. J. Larrea N.	大 黒 佐 田 柳 型 屋 沢 伯 中 田 米 嶋 裕 栄 利 峻 志 治 治 敦 学	M. Delgado R. R. Rico A.	大 迫 哲 屋 藤 米 峻 雄 学
試 験 班				伊 尾 佐 佐 中 藤 崎 藤 藤 桐 速 正 治 知 也 可 漸 七 巳		山 田 鈴 佐 井 関 佐 本 上 庭 藤 上 藤 彦 治 我 喜 久 藤 吉 久 七 茂 則 雄

地質調査は全域に対する概査と、その結果抽出された San Vicente 地域と、Tatasi 西部地域の 2 箇所に対する部分精査が行なわれた。概査により、縮尺 1 : 10,000 の地質図が作製され、部分精査により、縮尺 1 : 5,000 の露頭分布も含む地質図が作製された。

1-2-2 第2年次調査

第2年次調査は、第1年次調査において抽出された San Vicente 地域(面積 40 km²)と、Tatasi 地域(面積 9.4 km²)の合計面積 49.4 km² に対し実施された。調査方法としては、地表地質精査、坑内地質精査、IP法による物理探査および試錐の各方法が実施された。

地表地質精査は、San Vicente 地域の南東部を占める San Vicente 南東区域において、火成活動と鉱化帯の関連性を明らかにすることを主眼として実施され、縮尺 1 : 5,000 の地質図が作製された。また、San Vicente 地域においては、San Vicente 坑を中心とする San Vicente 鉱山区域と、Montserrat 坑を中心とする Monserrat 区域の 2 区域、および Tatasi 地域において、露頭調査が実施され、その結果と、坑内地質精査の結果との関連を解析するため、縮尺 1 : 2,000 の露頭精査図が作製された。

坑内地質精査は、San Vicente 鉱山の San Vicente 坑および Monserrat 坑、Tatasi 鉱山において、坑道延長計 223 km にわたり実施された。即ち、縮尺 1 : 500 の坑道地質スケッチを実施し、その結果をまとめて、縮尺 1 : 2,000 の坑内地質図を作製した。また、鉱脈に沿って約 40 m 毎に、鉱脈に直交して、鉱脈試料計 511 個が採取された。

IP法による物理探査は、San Vicente 地域と Tatasi 地域の西部区域において実施された。San Vicente 地域では、まず最初に、傾度電極配置 IP法による概査を全域に実施し、そのうちの IP示徴の顕著な San Vicente 鉱山区域と、Montserrat 区域において、Dipole - Dipole (ダイポール - ダイポール)電極配置 IP法による精査を行なった。

Tatasi 西部区域においては、調査範囲が狭いため、Dipole - Dipole 電極配置 IP法を最初から実施した。これらの IP法による物理探査の刻線延長は計 99.45 km である。

試錐は、San Vicente 地域において、3孔掘進延長計 901.6 m が実施された。そのうち 2孔計 601.1 m は、Montserrat 区域で、坑道で掘削された Salvadora 脈の下部延長部に対し実施され、1孔 300.5 m は San Vicente 鉱山区域で掘削された Seis de Agosto 脈の下部延長部に対して行なわれた。

1-2-3 第3年次調査

第3年次調査は、第2年次の調査結果に基づいて選定された San Vicente 地域の San Vicente 鉱山区域、および Monserrat 区域に対して実施され、調査方法としては、IP法による物理探査および試錐と、これら作業に附随した地質調査が実施された。

IP法による物理探査は、Dipole - Dipole 電極配置の IP法が実施され、Montserrat 区域では、電極間隔 50 m で 6 刻線(延長 13.9 km)、および電極間隔 100 m で 1 刻線(刻線

延長2.5km)について行ない、San Vicente 鉱山区域においては、電極間隔50mで4測線(測線延長12km)、および電極間隔100mで1測線(測線延長3km)について実施された。以上、第3年次のIP調査測線延長は31.4kmである。

試錐はPI. 1, Fig. 2に示される位置で、5孔、羽進延長1,506.50mが実施された。このうち、3孔計9,036.0mはSan Vicente 鉱山区域において実施され、他の2孔、計6,029.0mはMonserat 区域で行なわれた。

第2章 調査地域の一般概要

2-1 位置, 交通 (Fig. 1 参照)

調査地域は、ボリビア共和国南部 Atocha 南方約 30 km に位置しており、面積約 300 km² (10 km × 30 km) の地域である。

首都 La Paz (ラパス) から調査地域に至るには、鉄道と自動車による方法があるが、鉄道の場合は、La Paz よりアルゼンチンとの国境にある Villazón (ビリャゾン) に達する La Paz-Villazón 線により、調査地域の中心地である Atocha に至り、Atocha より自動車で調査地域に達する。La Paz-Atocha 間は、毎日1回の定期鉄道便があり、約15時間で達する。

自動車による場合は、La Paz より Potosi を経由して達するが、途中 Cotagaita (コタガイタ) と Atocha の間は、Rio Atocha の河床が道となっており、雨期に降雨の際は、通行不能で、Cotagaita より Tupiza 経由で、調査地に入るには、迂回しなければならず不便である。La Paz より調査地域までのジープによる所要時間は、次の通りである。

	10時間		4時間		3時間		30分	
La Paz	-	Potosi	-	Cotagaita	-	Quechisla	-	Atocha
	574 km		185 km		70 km		19 km	

	1時間		1時間	
Atocha	-	Tatasi 地域	-	San Vicente 地域
	32 km		36 km	

2-2 地形, 気候

調査地域は、ボリビア南部のアルティプレーノ高原地帯にあり、標高 4,000 m から 4,700 m に達し、地域の最高標高は San Vicente 東方 Cerro Pupusani (セロ ププサニ) において、4,787 m である。調査地域の西部は、一般に高原状の地形を呈し、起伏は緩やかで、山地は丘状となっている。地域の中央部では、南北方向の地質構造に伴う構造谷が発達し、底部侵蝕が進んで、峻険な壮年期地形を示している。また東部で、火山地形を呈し、その中心とみられるドーム状火山岩によるこれらの山頂は、標高 4,400 m ~ 4,500 m で、その周辺には火山砕屑物、または熔岩からなる緩傾斜の裾野が形成されている。

年間雨量は 400 mm 前後で、極めて少なく、それも 12 月から 3 月にかけて集中して降り、気温は年間平均 5 ~ 6 °C と推定され、冬期の夜間最低温度は、零下 25 °C まで下がり、夏季といえども、夜間の気温は氷点下になるのが通例である。

このように年間雨量が少なく、また標高が高く、昼夜の気温格差が大きい気候のため、調査地

域は半砂漠的山地、および高原となっており、植生も極めて少ない。

2-3 鉱業 (Fig. 1 参照)

調査地域付近には、いくつかの稼行鉱山があるが、その主要なものはCOMIBOLに属しており、Atocha 駅北東13kmの地点にあるQuechisla (クチスラ) 鉱業所が、これらの鉱山を統括している。即ち、Quechisla 鉱業所を中心として、北方のTazna (タスナ) 鉱山と Buen Retiro (ブエン レティロ) 選鉱場、西方のAnimas (アニマス) 鉱山、Siete Suyos (シエテ スヨス) 鉱山、Santa Ana (サンタ アナ) 選鉱場、Telamayu (テラ マユ) 選鉱場および同ビスマス製錬所、東方のChorolque (チョロルケ) 鉱山、Sala Salla (サラ サラ) 選鉱場およびFierro Unu (フィエロ ウス) 選鉱場、南方のTatasi 鉱山、同選鉱場、San Vicente 鉱山およびVentillas (ヴェンティリャス) 選鉱場の計6鉱山、7選鉱場、1製錬所が分布している。

調査地域付近の私企業の鉱山として主なものは、Tatasi 鉱山と San Vicente 鉱山の間に、EMUSA (Empresa Minera Unitificada S. A.) 社の経営する Asunta 鉱山があつて、銀鉛物を主とする鉱脈鉱床を開発中で、既に140トン/日処理の選鉱場も完成しているが、目下本格的稼働は行なわれていない。

当地域の鉱床は、すべて酸性火成岩類に関連して生成された鉱脈型鉱床で、錫、銀、鉛、亜鉛、ビスマス等の鉱石鉱物を産出している。これらの鉱床より産出される選鉱精鉱の大部分は、国内消費がないため、国外に輸出される。かつ錫、ビスマス、アンチモン鉱石は、最近製錬所が建設され地金製造の後輸出されている。

Quechisla 鉱業所管内における全従業員は、1978年11月現在4,473人となっており、1977年の年間産出金属量は、概略錫1,550トン、銀130トン、鉛6,700トン、亜鉛1,200トンである。これらの生産量は、ボリヴィア国内でも相当な比重を占め、錫は全国生産量の約5.5%、銀は1.8%、鉛は4.4%、亜鉛は2.0%を示し、当地域はボリヴィアの財政に大きく寄与している。ボリヴィア政府は、亜鉛製錬所の建設を計画しているが、当地域の亜鉛資源に着目し、今後亜鉛製錬所建設の続行は、重要な供給地と考えられ、COMIBOLはこれに呼応して、San Vicente 鉱山の最新鉱床の開発や、既開発鉱山の設備改善による増強によって、増産を企図している。

Quechisla 鉱業所管内の各鉱山、および各選鉱場の概況は、Tabla 3 に示される。

Table 3. Quechisla 鋅業所管内事業所一覽表 (1978)

事業所および鋅山名	鋅床母岩	主要鋅石鋅物	総出粗鋅量および品位	選鋅場および製鋅所名	産出選鋅精鋅量および品位	稼働人員
Quechisla 事業所	-	-	-	-	-	185
Tazna 鋅山	石英斑岩, オルドビス紀 粘板岩, 砂岩	輝砒鉛鋅, 磁硫鋅鋅, 鉄マンガノ鉛石, 閃亜鉛鋅, 硫砒鋅鋅,	※1 Bi-Cu粗鋅 9600t/月 Bi 048% Cu 056%	Buen Retiro 選鋅場	Bi-Cu 精鋅 329t/月 Bi 1259% Cu 1418%	694
				Telamayu ピスマス製鋅所	※2 Bi 地金 150t/月	
Animas 鋅山	石英安山岩, 凝灰角礫岩, オルドビス紀 粘板岩, 砂岩	錫石, 含銅方鉛鋅, 閃亜鉛鋅, 黄鉄鋅, 白鉄鋅	Ag-Pb-Zn粗鋅 6984t/月 Ag 390 g/t Pb 324% Zn 472%	Telamayu 選鋅場	Ag-Pb 精鋅 653t/月 Ag 0419% Pb 3550%	713
			Ag-Pb-Zn 4236t/月 Ag 340 g/t Pb 139% Zn 367%		Zn-Ag 精鋅 704t/月 Zn 4645% Ag 0.137%	
Siete Suyos 鋅山			Sn-Ag-Cu粗鋅 5029t/月 Sn 0.30% Ag 130 g/t Cu 0.20%	Santa Ana 選鋅場	Sn 複雜精鋅 131t/月 Sn 410% Ag 0305% Cu 458% Sn 比重選鋅精鋅 1336t/月 Sn 3093%	1321

事務所および鉱山名	鉱床母岩	主要鉱石鉱物	産出粗鉱量および品位	選鉱場および製錬所名	産出選鉱精鉱および品位	稼働人員
Chorolque 鉱山	石英安山岩, 同質凝灰岩	錫石, 黃鉄鉱	Sn 粗鉱 9565t/月 Sn 139%	Sala Sala 選 鉱 場	Sn 精鉱 217t/月 Sn 4470%	738
			Sn 粗鉱 8086t/月 Sn 054%	Fierro Unu 選 鉱 場	Sn 精鉱 57t/月 Sn 3988%	
Tatasi 鉱山	石英安山岩, 凝灰角礫岩	含銀方鉛鉱, 濃紅銀鉱, 輝安銅銀鉱, 四面銅鉱, 輝銀鉱, 黃錫鉱, 錫石, 閃亜鉛鉱, 黃銅鉱, 白鉄鉱, 黃鉄鉱	Pb-Ag 粗鉱 9747t/月 Ag 440g/t Pb 384%		Ag-Pb 精鉱 529t/月 Ag 07% Pb 6243%	426
			Zn 34%	Tatasi 選 鉱 場	Ag-Zn 精鉱 283t/月	
San Vicente 鉱山	新第三紀礫岩	含銀四面銅鉱, 方鉛鉱, 閃亜鉛鉱, 黃銅鉱, 錫石, 黃鉄鉱, 白鉄鉱, 黃錫鉱	Ag-Zn 粗鉱 8820t/月 Zn 614% Ag 420g/t		Ag-Zn 精鉱 1131t/月 Zn 4269% Ag 0283%	284
				Ventillas 選 鉱 場		

※1 月間予定産出量

※2 1978年 第1四半期実績, 現在休止中

第3章 調査地域の地質概要

3-1 地質概要 (Fig. 3, Fig. 4 および Pl. 1 参照)

ボリビアの地質は、一般にアンデス山系の構造の方向に平行して、ほぼ南北の配列を示し、東部より西部に向い、ブラジル盾状地の先カンブリア系、東部アンデス山系の東麓地帯を占める第三系と白亜系、東部アンデス山系一帯を占める古生界、アルティプレーノ平原を占める第三系、さらに西部アンデス山系を構成する第三紀と、第四紀の火山岩類の順序をもって配列している。この古生界の分布する地域の中央から西にかけ、さらにアルティプレーノ平原を占める第三系の分布する地域にかけて、第三紀以降の活動と考えられる酸性火山岩類の貫入岩が南北方向に点在している。

調査地域はこれらの配列のうち、東部アンデス山系一帯を占める古生界と、アルティプレーノ平原を占める第三系との境界付近に位置しており、調査地域内に第三紀の貫入と考えられる酸性火山岩類がある。

即ち、調査地域の南西部は、新第三系の San Vicente 礫岩累層が分布し、中央部は、最下位で地域の基盤をなすオールドビス系の砂岩、粘板岩とこれらの互層が分布し、北東部は、オールドビス系を傾斜不整合で被る白亜系上部 El Molino (エルモリノ) 層と、新第三系 Quehua (ケウア) 累層が分布している。そして、これらを買いて、San Vicente 地域および Tatasi 地域で、中新世後期の石英安山岩を主とする火山岩の噴出と、貫入がみられる。

3-1-1 オールドビス系

オールドビス系は、当地域では最下位層となって基盤を形成し、その層厚は約3000m以上で、極めて厚い粘板岩、砂岩、およびそれらの互層より構成されているが、火成岩類を含まず、極めて単調なフリッシュ堆積型に属するものと思われる。本層は従来化石が発見されず、未詳オールドビス系として一括して取扱われて来たが、本調査の結果、下部より上部に向かい、明らかに岩相を異にしていることより、下位より、Asunta 砂岩部層、Ventillas 砂岩、粘板岩互層部層、Okoruro (オコルロ) 粘板岩部層の三部層に区分された。一般に、変成作用は殆どみられず、むしろ焼成作用が進んでおり、そのため岩質が堅硬となっている。

3-1-2 白亜系

調査地域の白亜系は、Tatasi 鉱山西方より同鉱山を取り巻いて分布し、その層厚は400m以上であるが、堆積時の基底部の形態と侵蝕の状況により著しく変化している。本系の層位関係は、下位のオールドビス系とは、傾斜不整合または断層で接し、基底部には、前記の暗赤色の基底礫岩が存在している。

本系は、下位の礫岩層と、上位の El Molino 層よりなるが、下位の礫岩層は、オールドビス系の海成不良の歪角礫形の中粒礫、ないし細粒礫と、基質の砂および粘土で構成される。また El

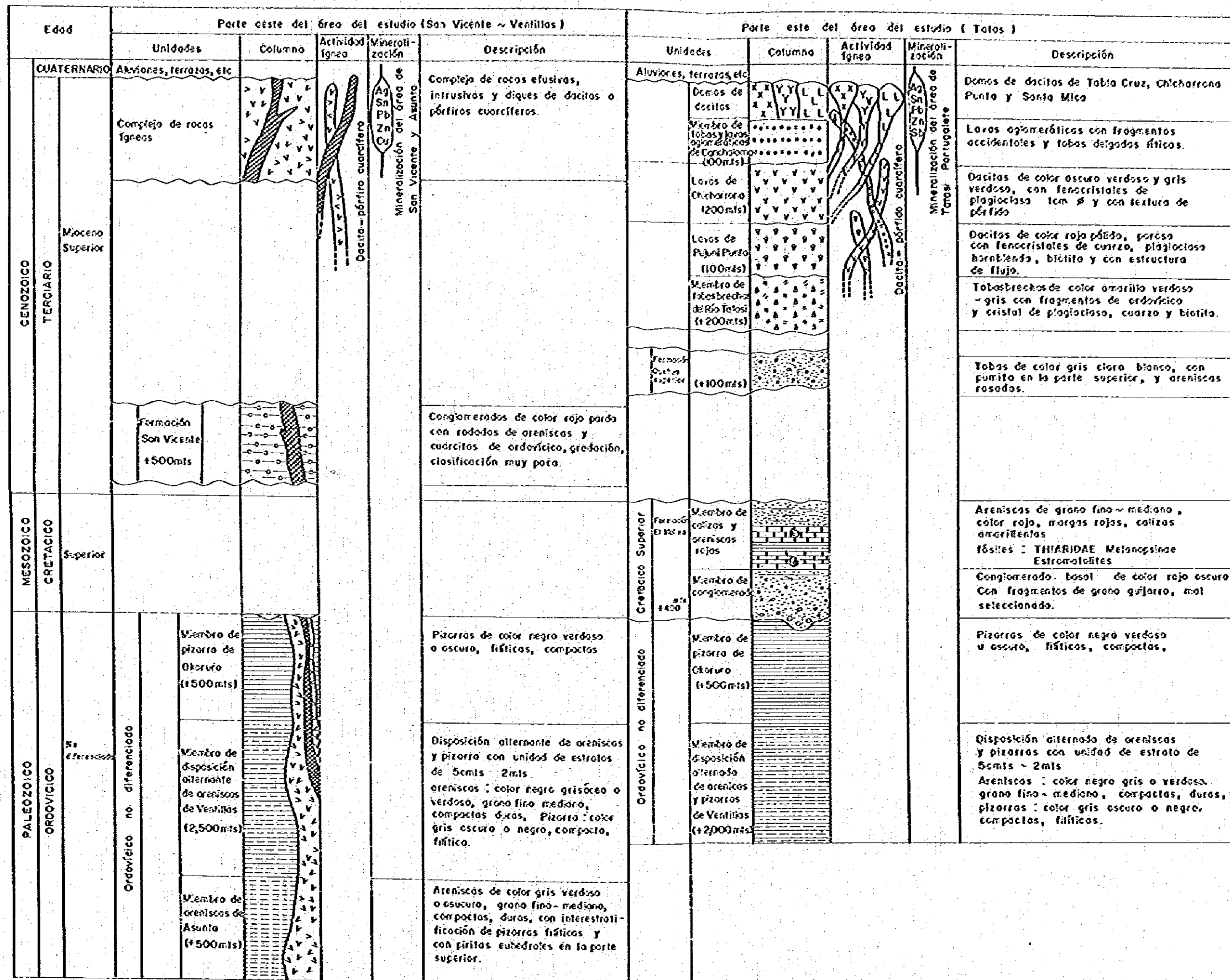
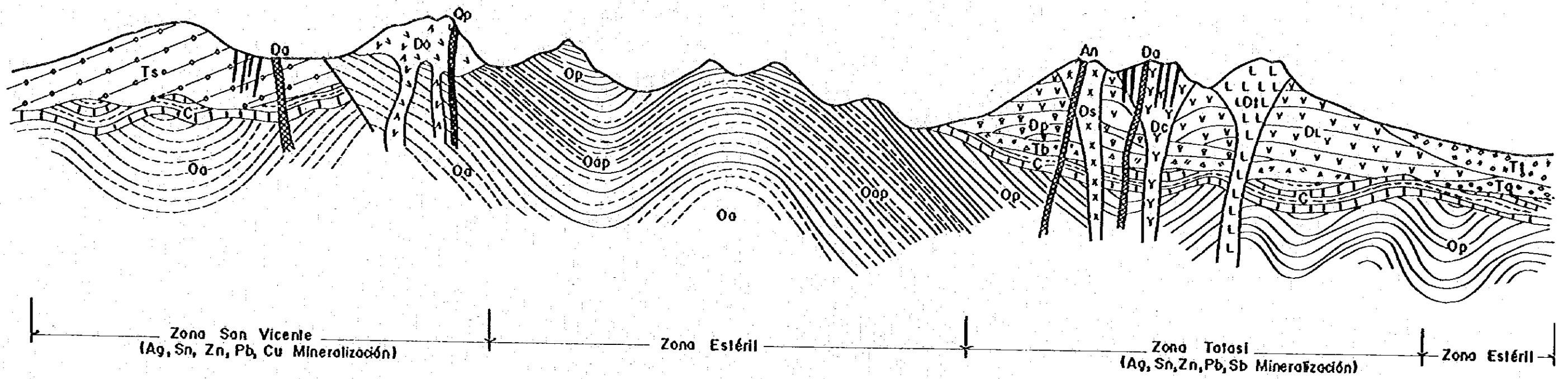


Fig. 3 Columna geológica.



ROCAS SEDIMENTARIAS		
TERCIARIO		Miembro de lavas y lavas oglomerálticas de Cancho Loma
		Miembro de lavas brechas del Río Totasi
		Formación Quehua Superior
		Formación San Vicente
CRETACICO		Formación El Molino, calizas y areniscas rojas
ORDOVICICO		Miembro de pizarras de Okoruro
		Miembro de disposición alternante de areniscas y pizarras de Ventillos
		Miembro de areniscas de Asunta

ROCAS IGNEAS	
	Diques (Da: dacita, Qp: pórfiro cuaríferos, An andecita)
	Dacita del Cerro Tabla Cruz (domo de lava)
	Dacita del Cerro Chichorrana punta (domo de lava)
	Dacita de Santa Mica (domo de lava)
	Dacita de Chichorrana (lava)
	Dacita de Pujuni Punta (lava)
	Rocas volcánicas de Potos Orkho
OTROS	
	Veta

Fig. 4 Perfil Idealizado

Mollino 層は、下位より赤色砂岩、含化石石灰岩、魚卵状石灰岩、暗灰色-赤紫色泥灰岩、やや固結度の低い赤色砂岩よりなっている。

本調査において、本系より動物化石および花粉を採取し、鑑定を行なった。その結果、年代については、動物化石から見れば、白亜紀上部から始新世とされ、さらに花粉分析の結果では、第三紀新期頃が想定されるが、ボリヴィアでは花粉分析による層序が未確立であるので、動物化石に重点をおき、本系は白亜系上部とした。

また動物化石などより、本白亜系の堆積環境を推定すれば、おそらく汽水域または陸水域であり、低鹹水または淡水の内陸湖、または内陸海が想定され、かつ水深が極めて浅く、しばしば乾燥期には陸化したようなところであり、また当時の古気候は、熱帯性もしくは亜熱帯性であったものと推定される。

3-1-3 新第三系

調査地域の新第三系は、San Vicente 累層と、Quehua 累層上部層とに分けられるが、両層は、調査地域では離れて分布しているため、相互関係は明らかでなく、また岩相も著しく異っている。

San Vicente 累層は調査地域の西南部に広く分布し、調査地域ではオールドビス系と San Vicente 新層をもって接しているため、その層厚は明らかでなく、500m以上と推定される。岩相は赤色の礫岩のみで構成され、極めて特異な堆積相を示している。即ち、礫岩中の礫は、オールドビス系の珪質砂岩、粘板岩、および部分的に若干の白亜系の赤色砂岩、頁岩と乳白色石英脈に由来する乳白色石英より構成され、これらの礫は角礫を主とし、または亜角礫で、琢磨度は低い。基質は細砂またはシルトにより充填され、酸化鉄の含有によって赤色を呈する。また礫岩中の礫は、起伏作用はみられず、大中小の礫が不規則に入り、級化層理もほとんどみられない。しかし一部では礫が互層構造を示し、また基質を構成する細砂、シルトによってラミナなどの水流による堆積構造がみられる。

本調査では、San Vicente 累層より動物化石を採取することは出来なかったが、花粉分析を行なったところ多くの個体が検出され、その特徴として、草本類の花粉が70%以上を占めていることは、時代の新しいことを示しており、広葉樹類に属する *Alnus* (ハンノキ属) がみられることより、本層はおそらく鮮新世より洪積世に属する可能性が強い。しかしながらボリヴィアでは、花粉分析による層序が未確立であるので、本累層に貫入している岩脈類の年代決定の結果などを考慮して、中新世後期とした。花粉分析の結果、推定される古気候は、白亜系におけると同じく温暖な亜熱帯性気候が想像され、特に草本類花粉の多いことからして、草原状であったと思われる。

Quehua 累層上部層は、調査地域の北東端に極めて局部的に分布している。調査地域にみられる本層は層厚100m以上で、軟質淡赤灰色、または淡赤紫色の砂岩、頁岩および白色の石英安山岩質凝灰角礫岩よりなり、その層位関係は調査地域の北東端で、白亜系、オールドビス系を不整

合で被覆しており、上部はTatasi火山岩類と不整合で接している。従って、調査地域内では、他の第三系との関係は把握できなかった。

3-1-4 第四系

調査地域に分布する第四系洪積層は、Rio Honda (リオ オンダ)付近に発達し、草炭を挟み、低位の河岸段丘を形成しており、その層厚は3 m前後に達する。一般に河岸段丘堆積物は、暗灰色ソルト、砂礫より構成され、Rio Hondaでは、二段の段丘面がみられるが、その範囲は極めて狭小である。

沖積層は、主要河川および平坦部に発達し、未固結の亜角礫とこれを充填する砂で構成されているが、一般に乾季雨季の区別が明瞭で、雨季に集中して降雨があり、かつ植生が少ないため、これらの沖積層はその程度侵蝕され、あまり厚く発達していない。

3-1-5 San Vicente 地域の火山岩類

San Vicente 地域に発達する火山岩類は、San Vicente 東方5 km付近にCerro Potos Orkho (セロ ポトス オルコ)を中心とし、直径は5 kmの範囲に分布しているが、調査地域にはその北部が露出している。これらの火山岩類は、熔岩あるいは貫入相として広く分布するPotos Orkho火山岩類と、同火山岩類中、およびその周辺の新第三系San Vicente累層中に貫入する岩脈類から成っている。

Potos Orkho火山岩類と岩脈類の噴出貫入の時期については、今回の調査で行なったK-Ar法による年代測定によれば、13.4 my から18.5 my までの値を示し、中新世中期～後期に属する。しかし、岩脈類は明らかにSan Vicente 累層中に貫入していることより、中新世後期における活動と判断した。またPotos Orkho火山岩類と岩脈類の化学成分は、カルクアルカリ系列に属するややアルカリ成分に富んだ石英安山岩であるが、岩脈の一部にSiO₂成分が少なく安山岩と呼称すべきものもある。

Potos Orkho火山岩類の岩相は、灰白色、暗灰緑色、淡赤灰色の種々の色調を呈し、石英斜長石、アルカリ長石、黒雲母を斑晶とする斑状組織を示し、緻密堅硬である。本火山岩類の東端付近では、自破砕状構造を示す熔岩が存在し、また凝灰角礫岩と熔岩が互層している。本火山岩類の西端Cerro Evangelista (セロ エバンヘリスタ)付近では、流理構造を示す熔岩がみられ、波状に褶曲するオールドビス系の上部の平坦面を、比較的緩傾斜で覆っており、流出相であることを示している。本火山岩類の分布する中央部のCerro Potos Orkhoは、典型的な火山岩尖となって熔岩類を貫いており、その火山岩は石英斑岩相を示している。また中央部においては、斑晶が1 cmに達し、かつ石基も粒度が粗く、貫入相を呈している。従って、火山活動の中心地は、火山岩類分布地域のほぼ中央にあると推定される。

岩脈類は、Potos Orkho火山岩類分布地域の西部より、San Vicente 鉱山区域にかけて東西方向に貫入しており、Potos Orkho火山岩類中の岩脈は、灰緑色、赤褐色、暗灰色の色

調を呈し、石英安山岩もしくは石英斑岩に属している。また San Vicente 鉱山区域にみられる San Vicente 累層中の岩脈(以後 San Vicente 岩脈と呼称する)は、灰白色で、石英安山岩に属する。これら San Vicente 岩脈は、San Vicente 坑内においてもみられ、Seis de Agosto 脈によって切られ、かつ著しい粘土化作用を受け、明らかに鉱化作用前の貫入である。しかし岩脈形成と鉱化作用との間には、時間的差がなかったものと考えられる。

3-1-6 Tatasi 地域の火山岩類および火山砕屑岩類

Tatasi 地域の火山岩類および火山砕屑岩類は、Tatasi 鉱山を中心に、半径約 8 km の範囲に広く分布している。これらの火山岩類ならびに火山砕屑岩類の火山活動の順序としては、その層序より次のように考えられる。

- (1) Rio Tatasi 凝灰角礫岩の噴出
- (2) Pujuni Punta (プジュニ プンタ) 熔岩の噴出
- (3) Chicharrona (チチャローナ) 熔岩の噴出
- (4) Cancha Loma (カンチャ ローマ) 集塊熔岩の噴出
- (5) Santa Mica (サンタ ミカ), Cerro Chicharrona Punta (セロ チチャローナ プンタ), Cerro Tabla Cruz (セロ タブラ クルス) の熔岩円頂丘の形成
- (6) 岩脈形成および鉱化作用

火山岩類と岩脈類の噴出貫入の時相は、K-Ar 法による年代測定によれば、17.1 my より 22.8 my までの値を示し、中新世前期~中期に属するが、他の供試年代決定岩石と同様に堆積岩類との層序を考慮に入れ、中新世後期とした。

これらの火山岩類の化学成分は、カルクアルカリ系列に属する石英安山岩の領域に分布するがアルカリがやや多く、特に Cerro Chicharrona Punta の熔岩円頂丘の岩石中に多い。岩脈類は、換鏡の結果、主として石英安山岩質であるが、一部に安山岩質のものがみられる。

これらの火山岩類と火山砕屑岩類について、火山活動の順序に従って次の如く述べる。

Rio Tatasi 凝灰角礫岩部層は、Tatasi 地域の中央部に広く分布し、Rio Tatasi 付近では、オールドビス系の粘板岩、砂岩の角礫を有するが、礫の淘洗作用は極めて不良で、かつ礫の琢磨度も小さい。しかし周辺の Quebrada Trapiche (ケブラダ トラピチェ) 付近では、琢磨度の進んだ粘板岩、石英斑岩、流紋岩、および浮石の礫を有し、粒度も一定し、淘洗作用が進んでいる。このように、周辺部に向かい級化作用がみられ、かつ礫の粒度が減じ、中礫ないし細礫となる傾向がみられることより、噴火の中心は Cerro Chicharrona Punta 南東部から、Cerro Santo Tullu (セロ サント トウリュ) 付近にあったものと推定される。

Pujuni Punta 熔岩は、Cerro Pujuni Punta より、Cerro Chakha Punta (セロ チャカ プンタ) 付近にかけて、広く緩傾斜の火山裾野地形を呈して分布している。裏晶鉱物は、黒雲母、石英、斜長石、アルカリ長石で、石基はトラキティックな特徴的組織を示して、石

英安山岩に属する。また本熔岩には流理構造が発達し、水冷破砕熔岩流のような急冷による角礫化などがみられず、明らかに陸上での熔岩流と考えられる。

Chicharrona 熔岩は、Tatasi 地域に広く分布しており、Tatasi 地域における主要な熔岩である。斑晶鉱物としては、黒雲母、角閃石、斜長石、石英より構成され、角閃石が特徴的に入っていることより、下位の Pujuni Punta 熔岩と区別される。ただ東部に発達する本熔岩はしばしば角閃石を欠いている。Portugalete (ポルトガレーテ) 付近の本岩の一部は、石基の結晶度も進み、石英斑岩質の鉱物成分、組織を示し、貫入相の岩相を示す部分もあるが、大半の石基の組織は半晶質で、流状構造を示し、鏡下でみる結果では、角閃石-黒雲母流紋岩から、石英斑岩にわたるが、これらを統一して石英安山岩と呼称した。

Cancha Loma 凝灰岩、集塊熔岩部層は、Tatasi 地域の北部に広く分布している。岩相は他と比して、特異な様相を呈し、石英安山岩の角礫、または亜角礫の集合からなり、しばしばオールドビス系の粘板岩、砂岩礫を石英安山岩角礫間に充填していることがある。また下部は、凝灰質で灰白色の火山礫凝灰岩を挟在する。この石英安山岩質集塊熔岩は、おそらく流下中に破砕しつつ異質岩片を捕獲し、異質岩片を挟在する自破砕熔岩となって、現状のような特徴的な岩相を呈するに到ったものと解釈される。層序としては、明らかに Chicharrona 熔岩を被覆し、また新第三系 Quehua 累層上部層およびオールドビス系とは明らかに不整合関係をもって接している。Tatasi 地域の火山岩類中新第三系との関係が明らかなのは、本部層のみであり、本部層が、不整合で Quehua 累層上部層を被うことにより、Tatasi 地域の火山岩類の噴出は、Quehua 累層上部層の堆積後と判断した。

これらの熔岩円頂丘は、東より Cerro Tabla Cruz 円頂丘、Cerro Chicharrona Punta 円頂丘、および Santa Mica 円頂丘が分布し、それぞれの円頂丘は、北西-南東方向に伸展した配列を示している。円頂丘分布地域の地形は、いずれも末端が急崖を形成し、ドーム状の形態を示している。円頂丘は、いずれも斑状組織を示し、緻密堅硬である。円頂丘の周縁では、流理構造がみられ、流出相を示している。斑晶鉱物は、黒雲母、石英、斜長石、角閃石の他に、Santa Mica 円頂丘と Cerro Chicharrona Punta 円頂丘ではアルカリ長石がみられ、石基は石英、斜長石の他に、Santa Mica 円頂丘と Cerro Chicharrona Punta 円頂丘では、玻璃質物が含まれている。化学成分上よりみれば、比較的アルカリ成分が多いが、石英安山岩に属するものと考えられる。

岩脈類は Tatasi 火山周辺に顕著に発達している。貫入の時期については、全ての熔岩を切って貫入しており、火山活動の最後期と考えられる。岩脈類は殆ど同一の岩相を示し、暗灰色、暗緑灰色を呈し、緻密堅硬で明瞭な斑状組織を示す。特に斜長石、石英の斑晶粒度は大で、長径 1cm 以上に達し、集塊状斑晶を示す特徴を有する。有色鉱物の斑晶としては、黒雲母が最も普遍的にみられ、また角閃石もみられることより、上述した熔岩類より若干塩基性

である。岩脈類の方向については、東西系を示すものが多く、北東-南西系、北西-南東系のもみられる。岩脈形成の時期と鉱化作用の時期については、ほぼ同時と考えられる。

3-2 地質構造 (Fig. 3, Fig. 4 および Pl. 1 参照)

ボリヴィア国内における地質構造は、アンデス山系の構造運動に伴って、すべて南北の方向から北北西ないし南南東の方向を示し、北はペルー国境より南はアルゼンチンにおよんでいる。そして東部アンデス山系の骨格をなす古生界を中心に、東側または西側に波状の褶曲を繰返しながら、それより若い地層が分布しており、極めて整然と配列している。

しかしながら、古生界の分布する地域の西翼付近は、比較的急激に地質構造が変化しており、特にアルティプラーノに分布する第三系と古生界との境には構造線が予想される。即ち、アルティプラーノ北部においては、Coniri (コニーリ) 断層, Coro Coro (コロコロ) 断層などが、延長100km以上の単位で南北方向に連続している。アルティプラーノ南部に属する調査地域には、San Vicente 断層が存在し、古生界と第三系の境界をなしており、これらは一連のアンデス山系の地質構造の方向に平行な構造線と考えられる。

調査地域の地質構造は、これらアンデス山系の広域の地質構造と調和し、オールドビス系、白亜系は北北西-南南東の褶曲軸を有する。これに対し第三系の褶曲軸は、成層面が明瞭でなく、明らかではないが、これとは異って、東西系を示すものが多く、褶曲の時代的相違を示しているようである。

San Vicente 南東区域 および Tatasi 地域など火成活動のあった地域は、一般に地質構造が擾乱され、小断層、小褶曲が発達し、褶曲の傾斜が急となっており、火成活動は明らかに褶曲構造や断層により規制されている。即ち Tatasi 地域の熔岩円頂丘が北西-南東方向に伸張した配列を示し、また San Vicente 地域の岩脈類が東西方向に貫入し、Tatasi 地域の岩脈類が東西、北東-南西、北西-南東の3方向に貫入していることは、東西方向の横圧力により生じた張力面および剪断面に沿う断層や裂隙に、火成活動が規制されていることを示している。

3-2-1 褶曲

調査地域の褶曲の時代については、その褶曲の程度から、明らかに三回以上の褶曲作用を受けたことが、野外の観察によって示される。即ち、当地域のオールドビス系と白亜系とは、著しく褶曲の強さを異にしており、オールドビス系の傾斜は30度から60度の傾斜を示し、部分的には70度、または80度を示す。これに対し、白亜系の傾斜は、断層に近接したような特殊な地域を除いては、最大30度位であり、明らかにその差がみられる。またオールドビス系と白亜系の褶曲の方向は、鉱床周辺を除きほとんど同じで、アルティプラーノ全域を透して褶曲の方向は、先白亜系とそれ以降の時代の地層の間にはあまり相異はみられず、南北から北北西-南南東方向とな

っており、同一方向の力で数回褶曲を受けたものと考えられる。

調査地域の第三系の褶曲は、極めて緩やかに、褶曲軸の方向を決定することは一般に困難である。特に San Vicente 系層は、無層理であり、わずかに成層面と覚しき面で走向傾斜が測定された結果、ほぼ東西性の褶曲を示し、地域の一般褶曲軸の方向とは全く異った軸方向を有している。

3-2-2 断層

一般的に調査地域では、走向断層が褶曲軸に平行して、長く連続している。特に古生界と第三系を境する San Vicente 断層は、南北から北北西-南南東の方向に連続する逆断層で、調査地域では、もっとも重要な断層である。しかしながら、古生界の断層においては、殆ど断層の両側の岩相が同じであるため、落差等が明らかにし得るものは殆どない。しかし一般的に逆断層が多いようで、またその周辺は、擾乱された急傾斜を呈している場合が多い。

白亜系における断層は、Tatasi 地域西方の古生界との境界付近に発達するが、他の地域では少なく、古生界とは断層の密度からも、構造上の時相を異にしている。

これらの断層の方向はすべて南北系統で、若干西に偏り、北北西-南南東の方向を示し、これを横断する東西系の断層は少なく、若干の地層のずれを与えているに過ぎない。鉱床地帯に発達する断層は、鉱床生成と関係して重要な意義を有する。

3-3 地史

ボリヴィアの地史に最も影響があったのは、ブラジル盾状地の存在であり、古生代から新生代の堆積盆地生成に影響を与えている。即ち、古生代において、現在の西部アンデス山系地帯が陸化し、それと現在より西に張り出したブラジル盾状地との間に、東部アンデス地帯が形成され、カンブリア紀よりデボン紀まで膨大な古生代海成層を堆積している。特にオルドビス系においては、海進が進み、ボリヴィアは殆ど深海の場となり、オルドビス系の全層厚は 10,000 m に達すると言われ、また分布も東部山岳地帯の 2/3 を占めている。

デボン紀末より海退が始まり、石炭紀には氷河堆積物を特徴とする陸成層が堆積し、二疊紀に再びペルー南部より、北西-南東方向の入江的な性格を有する海侵があり、ボリヴィア北部で含化石石灰岩を主とし、砂岩を挟在した海成層を堆積した。このように、二疊紀初期には、ボリヴィアの大半は陸化し、中生代までその状態が維持され、その後も白亜紀を除き、海退が進んで陸化の傾向を一層強めて来た。三疊紀については、ボリヴィア南部で小規模な堆積盆地が形成され、岩相変化の激しい石灰岩や、部分的に頁岩、砂岩を堆積したが、その後ジュラ系の堆積はみられず、三疊紀末から下部白亜紀まで、ボリヴィア全土にわたり、殆ど陸化したものと考えられる。

この三疊紀末から下部白亜紀までの間に、古生代に属する古期構成岩類が著しい褶曲をうけ、

その後剝削作用をうけて準平原化し、調査地域においても、白亜系は顕著な傾斜不整合、かつ白亜系自体は緩い傾斜で古生層を被覆している。これらの褶曲をもたらした時相は、早期 ALPS 造山運動の Nevada 時相に相当すると思われるが、あるいは晩期の Variscan 造山運動の可能性もある。いずれにしても、古生代から続いた地向斜は、激しい圧縮の場となり、北北西-南南東、ないし南北方向を軸とする現状に近い褶曲構造となった。

白亜紀に至り狭少な地向斜が形成され、ペルーよりボリヴィア南部にかけて、白亜系の堆積をみた。これは玄武岩の熔岩を伴い、赤色砂岩層、含化石石灰岩から成る浅海、または浅海性堆積物で、陸成堆積物である古第三系に漸移しており、この境界は明らかでない。白亜紀層をもって最後の海成層となり、ボリヴィアにはその後、海成層をみることはなくなった。

古第三紀に至り、東西両アンデス山系が上昇し、東西両アンデス山系に挟まれたアルティプレーノ堆積盆地と、東部アンデス山系東側のアンデス前縁堆積盆地が形成された。東西両アンデス山系に挟まれたアルティプレーノ堆積盆地は、両側アンデスの上昇と盆地の連続的な沈降に伴って、現在までに、全体の層厚 12,000 m となっているが、西アンデスより堆積物の供給を受け、今なお埋積が続いている。

第三紀に入って、晩新世後期にアンデス造山運動に伴う火成活動が始まり、アルティプレーノ南部地域では、玄武岩または安山岩の噴出があり、晩新統には、これらの厚い熔岩流が被覆されている。漸新世後期より中新世にかけては、白亜紀末期より引き続いてのアルティプレーノ堆積盆地の沈降が続く一方、アンデス山系の上昇が続いているが、火成活動はますます激しくなり、カルクアルカリ岩系の流紋岩、石英安山岩、石英斑岩などの噴出、貫入が行なわれ、これらの火成活動に関係して銅、金、銀、鉛、亜鉛、アンチモン、ビスマス、銻、タングステンの多様な鉱化作用が行なわれ、ボリヴィアを、南北に縦断する一大鉱床地帯を形成した。

本調査地域の火成岩の年代決定の結果は、228 my から 134 my で、中新世前期より後期にわたっているが、花粉分析などや地質層序の関係から、これらの火山岩の噴出、貫入は中新世後期と考えた。またこの時期に広く褶曲運動を受け、調査地域に発達する白亜系、新第三系に断層、褶曲が形成されたものと思われる。

その後、鮮新世全体を通じ、アルティプレーノの南部 Sur Lipes (スール リベス) 地域や、調査地域の東部 Atocha 付近、Potosi 周辺、Machaca Marca (マチャカ マルカ) 周辺に広大な範囲を占めて広く分布する白色柱状凝灰岩、熔結凝灰岩、石英安山岩熔岩の噴出があり、平坦な台地を形成している。

洪積世においてはアルティプレーノと東部アンデス山系では、火山活動がなかったが、西部アンデス山系では火山活動があり、ボリヴィア側では主としてチリ国境近くに安山岩による成層火山を形成した。

3-4 鉛床

調査地域における主要な鉛床は、San Vicente 鉛山の San Vicente 鉛床群と、Montserrat 鉛床群、および Tatasi 鉛山の Tatasi 鉛床群の3鉛床群である。他に Asunta 鉛山の錫、銀、鉛および亜鉛の鉛脈鉛床があるが、私企業の EMUSA 社に属しているため、入坑許可が得られず調査出来なかったので割愛し、San Vicente 鉛床群、Montserrat 鉛床群および Tatasi 鉛床群について述べる。

3-4-1 San Vicente 鉛床群

San Vicente 鉛床群は、Cerro Tajos (セロ タホス) を中心とする Tajos 鉛脈群。現在 San Vicente 坑にて採鉛開発中である San Vicente 鉛脈群、およびその南の San Francisco 鉛脈群に分けられる。これらの鉛脈群は、San Vicente 累層を母岩とする裂縫充填鉛床である。このうち San Vicente 鉛脈群は、San Vicente 坑における 30 m 坑準、0 m 坑準、-30 m 坑準の各坑道で採鉛され、現在開発中の鉛脈群である。その主要な鉛脈の走向、傾斜、水平延長、平均脈幅、平均品位、鉛石鉛物は Tabla 4 の鉛脈一覧表に示される。

San Vicente 坑の 0 m 坑道、-30 m 坑道において坑内地質精査が実施されたが、これによる観察と坑内地質図を基にして、San Vicente 鉛脈群の裂縫系を解析した。即ち、

(1) San Vicente 鉛脈群の母岩である San Vicente 累層が、堆積後最初に受けた力は、San Vicente 逆断層を形成した東西方向の横圧力と考えられる。即ち、一連のアンデス構造運動の東西方向の横圧力により、オルドビス系、白亜系に、南北方向の褶曲構造を形成せしめたが、その褶曲運動の最後の時期、即ち San Vicente 累層堆積後に破断面として、San Vicente 逆断層が生じたものと解釈され、San Vicente 鉛脈群を形成した裂縫も、これらと同時に東西方向の横圧力によって形成されたものと推定される。

(2) 坑内地質精査の観察結果より、San Vicente 鉛脈群の各裂縫の動きを決定した。即ち Fig. 5 の上端の図で示されるように、鉛脈と鉛脈から分れた分枝裂縫が観察された場合、その分枝裂縫が一次の剪断面に接する方向によって、一次の剪断面に沿うずれ動きの方向が判別出来る。このようにして、鉛脈にその分枝裂縫が接するパターンにより、鉛脈のずれ動きの方向を判定した。

上記の(1)と(2)にもとずき、Fig. 5の中および下端の図で示されるように、まず東西方向の $N 85^{\circ} W$ 系の鉛脈を一次の張力面 (T1) と考え、これと約 40° で交叉する $N 50^{\circ} E$ 系、および $N 55^{\circ} W$ 系の鉛脈を一次の剪断面 (S1) とした。次に一次の剪断面に沿う動きから、二次の剪断面 (S2) と二次の張力面 (T2) を決定し、これに $N 75^{\circ} W$ 系と $N 65^{\circ} E$ 系の鉛脈をそれぞれ対応させた。以上の裂縫系パターンを、San Vicente 鉛脈群に当てはめ、それぞれの鉛脈の性格およびその動きを Fig. 6 で示した。

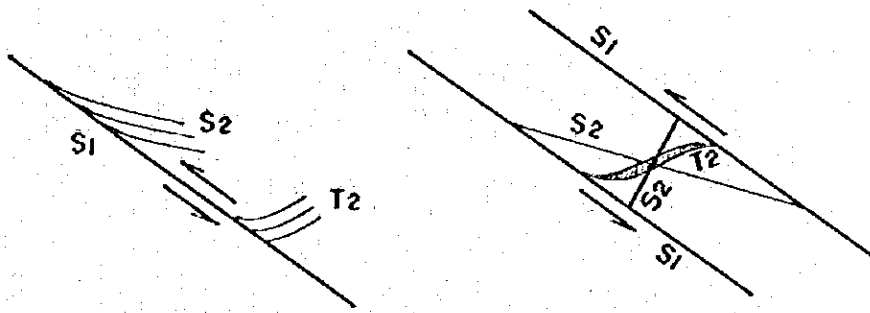
なお $N 85^{\circ} W$ 系に属する Seis de Agosto 脈と、Deseada 脈は一次の張力面 (T1)

Tabla 4 Vetas, minerales y sus leyes por cada veta de la mina San Vicente

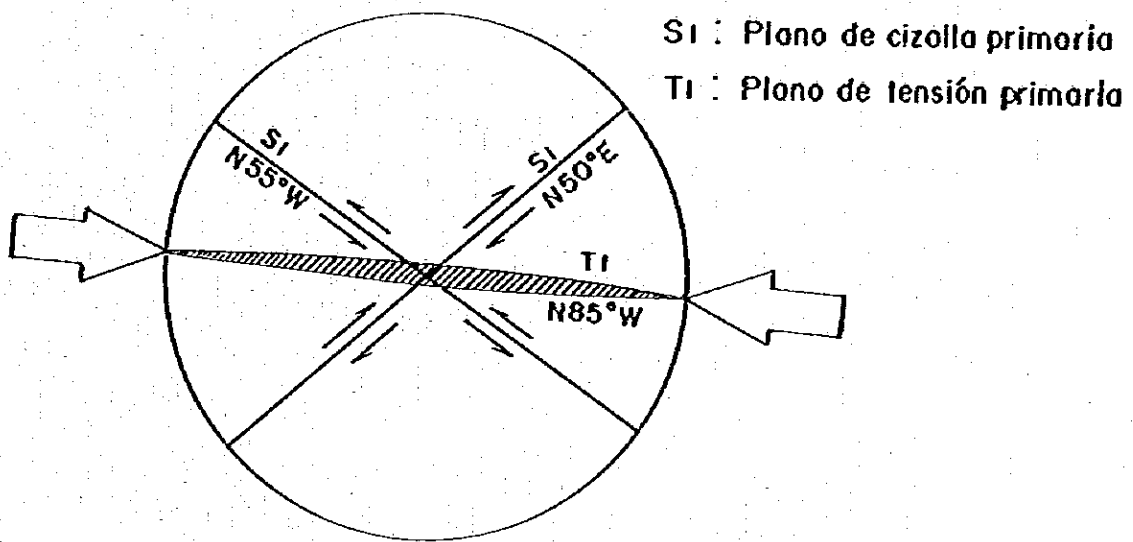
Nombre de veta	Nivel	Clasificación	Rumbo	Dipolamiento	Longitud mts.	Ancho medio cms.	Número de muestras	Ley					Mineral principal	Mineral accesorio
								Su (%)	Ag (%)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)		
Veta Inca	0	S ₁ F ₂	N60°V N50°E	60°S 75°S	350 200	60	8	0.01	0.028	0.17	0.87	4.75	Sp, Py, Ga	Id, Cep
Veta Guernica II	0	S ₂	N70°V	80°N	400	30	7	0.13	0.328	0.85	5.86	18.19	Sp, Ga, Id Cep, Py	Stn, Gb?
Veta Guernica I	0	S ₂	N70°V	80°S	150	15	3	0.07	0.047	0.19	0.15	20.01	Sp, Id, Py	Cep, Stn, Ga, Str?
Veta Azela	0	S ₁	N55°V	65°S	500	110	18	0.42	0.065	0.52	0.82	4.02	Sp, Id Cep, Ga, Py	
Veta Jesús María	0	S ₂	N30°V	85°N	250	120	13	0.10	0.105	0.66	0.18	1.91	Id, Sp, Cep, Py	Ga
Veta Disputada	0	S ₂	N30°V	65°N	250	45	8	1.38	0.083	0.56	0.19	7.66	Sp, Py, Id Cep, Cs	Mc, Ga
Veta San José	0	S ₁	N50°V	65°N	500	35	9	0.14	0.558	0.85	0.16	5.79	Sp, Id, Cep, Py	Ga, Mc, Str?
Veta Farellys	0	S ₁	N50°E	60°N	150	15	3	0.86	0.030	0.25	0.15	6.74	Sp, Id, Py	Cep, Ga
Veta Cantera	0	S ₁	N55°V	60°N	350	30	10	0.05	0.074	0.31	0.23	20.25	Sp, Id, Py	Cep, Ga
Veta Artola	0	F ₂	N65°E	70°S	200	10	4	0.05	0.148	0.39	0.23	22.07	Sp, Id, Py	Ga, Cep
Razo 6 de Agosto	0	F ₂	N65°E	60°N	150	75	4	0.10	0.057	0.15	0.11	17.65	Sp, Id, Py	Cep, Ga
Veta 6 de Agosto	0	T ₁ -S ₂	N50°V	65°N	1,300	175	63	0.08	0.049	0.45	0.10	6.18	Sp, Id, Py	Cep, Ga
Veta Litoral	0	F ₂	N65°E	70°S	250	120	16	0.05	0.047	0.54	0.09	14.34	Sp, Id, Cep, Py	Ce, Cr, Ga
Veta San Lorenzo	0	F ₁	EV	70°S	200	45	5	0.02	0.040	0.80	0.82	5.42	Sp, Ga, Cep, Py	Id
Veta Perifas	0	F ₂	N75°E	70°S	250	40	6	0.05	0.055	0.71	0.19	18.80	Sp, Id, Cep, Py	Ga
Veta Descala	0	T ₁ -S ₂	N75°V	65°N	950	60	29	0.02	0.059	0.57	0.12	12.27	Sp, Id, Cep, Py	Ga, Mc
Veta Esperanza	0	S ₂	N70°V	60°S	150	20	3	0.02	0.005	0.11	0.20	4.47	Sp, Py	Ga, Cep
Veta Porvenir	0	F ₂	N75°E	70°S	250	90	5	0.06	0.035	0.49	0.11	5.43	Sp, Id, Py	Ga, Cep
Razo Arturo	0	F ₂	N75°E	80°N	150	20	2	0.19	0.052	0.47	0.20	27.10	Sp, Id, Py	Ga, Cep
Veta Arturo	0	S ₁	N60°V	65°N	600	115	23	0.09	0.041	0.59	0.16	10.84	Sp, Cep, Py	Ga, Id, Ce, Cr, Mc
Veta Azela	-30	S ₁	N55°V	65°S	450	155	24	0.18	0.058	0.56	0.27	2.01	Sp, Cep, Id, Py	Ga
Veta Jesús María	-30	S ₂	N30°V	90°	250	35	6	0.04	0.251	0.59	0.21	2.19	Sp, Id, Cep, Py	Ga
Veta San José	-30	S ₁	N50°V	70°N	500	40	10	0.03	0.113	0.45	0.29	7.71	Sp, Cep, Id, Py	Ga, Ce, Cr
Veta Artola	-30	F ₂	N65°E	70°S	200	35	5	0.03	0.052	0.48	0.43	41.61	Sp, Cep, Id, Py	Ga
Razo 6 de Agosto	-30	F ₂	N65°E	60°N	350	60	4	0.02	0.103	0.32	1.72	18.90	Sp, Id, Ga, Py	Cep
Veta 6 de Agosto	-30	T ₁ -S ₂	N30°V	60°N	1,300	170	50	0.03	0.085	0.29	0.80	13.32	Sp, Id, Py	Cep, Ga

Sp : Esfalerita Id : Tetraedrita Sn : Estannina Ce : Calcosina
 Ga : Galena Cep : Calcopirita Gb : Galenobismutita Mc : Marcasita
 Py : Pirita Cs : Casiterita Str : Estroccerita Cr : Covellina

S₁ : Fractura prima por cizalla (Veta de los sistemas N50°E y N55°V)
 S₂ : Fractura segunda por cizalla (Veta del sistema N75°V)
 T₁ : Fractura prima por tensión (Veta del sistema N35°V)
 T₂ : Fractura segunda por tensión (Veta del sistema N65°E)



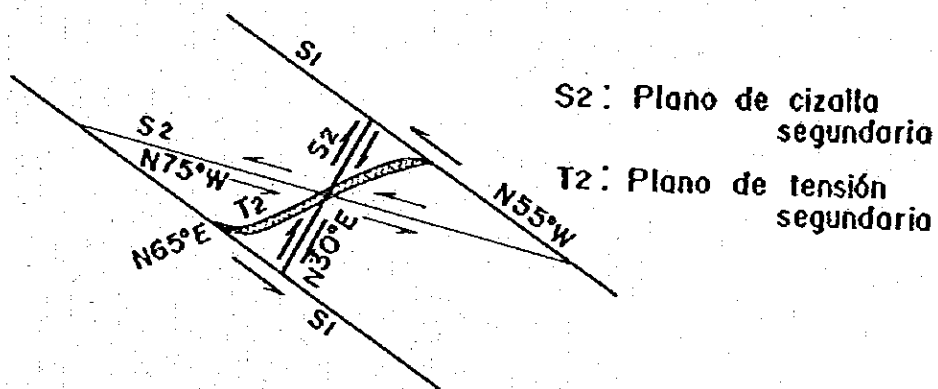
Relación entre el modelo de fisuras ramificadas y la dirección de desplazamiento lateral



S1 : Plano de cizalla primaria

T1 : Plano de tensión primaria

Planos de cizalla y tensión primarias



S2 : Plano de cizalla secundaria

T2 : Plano de tensión secundaria

Planos de cizalla y tensión secundarias

Fig. 5 Ilustración explicativa de modelo de vetas de lo mina San Vicente.

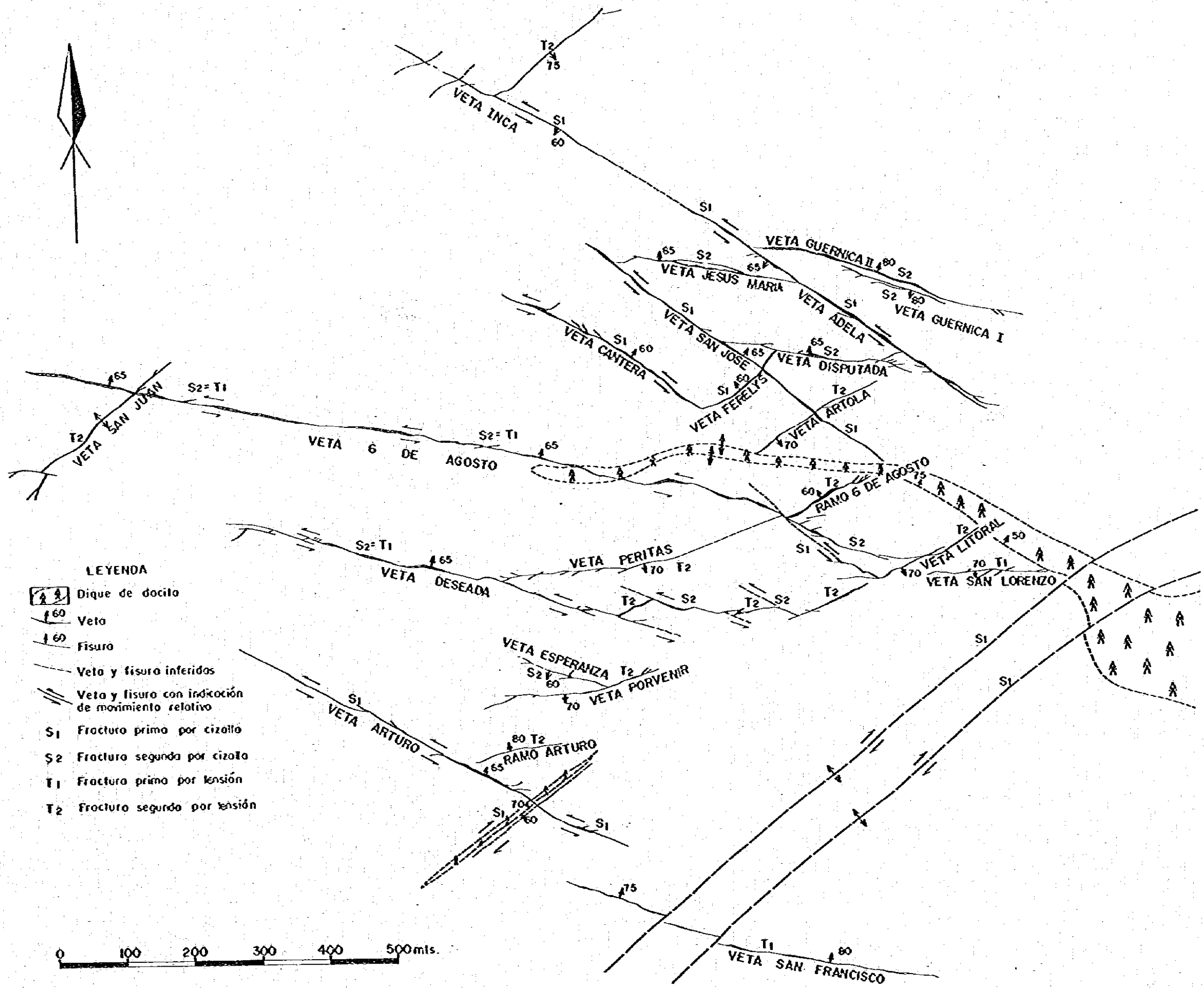


Fig. 6 Modelo de vetas de la mina San Vicente

として最初に形成されたが、その後横圧力の方向がずれることにより二次の剪断面(S2)の性格を併せ持つようになり、鉱脈中に角礫構造がみられ、上下盤にずれ動きが観察されるようになったものと考えられる。

San Vicente 坑0 m坑道の南東部の坑道の奥に、NE-SW方向の裂罅が多数みられ、かつ珪化作用と粘土化作用からなる変質作用がみられることにより、その南側にある Quebrada San Francisco に沿って、N55°E方向の裂罅に沿う破碎変質帯(San Francisco 断層)が推定された。このSan Francisco 断層は、1次の剪断面(S1)に属するものと考えられる。

San Vicente 鉱脈群の脈石鉱物は、石英と重晶石を主体とし、一部に炭酸塩鉱物がみられ、鉱石鉱物と共に角礫状構造や縞状構造を示している。母岩のSan Vicente 累層は、脈の上下盤に珪化作用を主とし、絹雲母化、緑泥石化、炭酸塩化等の粘土化作用と、黄鉄鉱化作用を受けている。鉱脈の末端に近くなると、珪化作用よりも絹雲母化、緑泥石化、炭酸塩化等の粘土化作用が顕著になる。上下盤の変質帯の幅は数mから10数mに限られている。

San Vicente 鉱脈群の鉱石鉱物の主要なものは、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、四面銅鉱、方鉛鉱、黄銅鉱で、その他に、黄鋁鉱、錫石の錫鉱物と白鉄鉱、輝銅鉱、銅藍の比較的低温生成の鉱物がみられた。また、鉱物結晶が小さいため、確認出来なかったが、輝銅銀鉱、ガレノビスマタイト鉱らしき鉱物が観察された。四面銅鉱中に亜鉛、銀が含まれることは、X線マイクロアナライザーにより確認された。従って、銀鉱物としてもっとも重要なものは、四面銅鉱である。

これらの鉱石鉱物と脈石鉱物の生成順序は、①錫石-石英、②破碎された黄鉄鉱-閃亜鉛鉱、③黄鉄鉱、④閃亜鉛鉱、⑤閃亜鉛鉱-黄銅鉱-四面銅鉱-輝銅銀鉱-黄銅鉱-ガレノビスマタイト-方鉛鉱、⑥黄鉄鉱-重晶石、⑦白鉄鉱-輝銅鉱-銅藍が推定される。即ち、もっとも晶出期間が長いのは黄鉄鉱であり、閃亜鉛鉱がこれに次ぎ、黄銅鉱、四面銅鉱、輝銅銀鉱、ガレノビスマタイト鉱、黄銅鉱および方鉛鉱は、ほぼ同時に比較的短い期間に晶出したものと推定される。

このように、San Vicente 鉱脈群は、鉱石鉱物のうち、高温熱水期の沈殿と考えられる錫石と共に、低温熱水期の沈殿と考えられる四面銅鉱、白鉄鉱が共生しており、また絹雲母化作用の如き比較的高温熱水溶液による変質作用と共に、重晶石の如き低温熱水溶液からの脈石鉱物がみられる。このような事実より、San Vicente 鉱脈群は、地表近くで形成され、高温相から低温相までの鉱物を含む、浅所高温型の鉱脈であり、いわゆるゼノサーマル鉱床に属するものと考えられる。

坑内地質精査において、脈に沿い約40m 間隔毎に採取された鉱石試料368個について、錫、銅、鉛、亜鉛の5成分の化学分析を行なった。この5成分の化学分析結果について2成分毎の相関を検定した。その結果、銀-銅の元素間の関係は、1%の危険率で相関が密接であり、錫-銅は5%の危険率で相関が見られた。その他の成分の組合せについては、相関はみられなかった。この相関検定の結果を前述の鉱石鉱物の観察結果により解釈すると、銀-銅の相関は、四面銅鉱が銀鉱物の大部分を占め、かつ黄銅鉱と密接に共生するためと考えられ、錫-銅の相関は明瞭ではないが、黄銅鉱が錫鉱物の大きな量比を占めかつ、黄銅鉱、四面銅鉱と密接に共生するためと推定される。

また閃亜鉛鉱が他の黄銅鉱、四面銅鉱、輝銅銀鉱、ガレノビスマタイト鉱、方鉛鉱よりも晶出期間が長いため、亜鉛は他の銀、鉛、銅、錳と異った変動を示すことに着目し、鉱石試料368個の分析結果をFig. 7に示されるように、銀-鉛-亜鉛の三角図表にプロットし、これを(Ag+Pb):Znが60:40の線で高銀-鉛帯と高亜鉛帯に分け、これをSan Vicente 鉱脈群の平面図(0m坑道および-30m坑道)にプロットし、高銀-鉛帯と高亜鉛帯に分帯し、Fig. 8およびFig. 9の帯状分布図を作成した。

この帯状分布図より次の事項が推論される。

- (1) 高亜鉛帯は0m坑準立入坑道と、Seis de Agosto脈、Deseada脈が交る付近を中心とする楕円形を示し、San Vicente 岩脈の先端もこの高亜鉛帯の中心にある。その高亜鉛帯の楕円形の東端が、San Francisco 断層の破碎変質帯に接しており、同破碎変質帯を中心に鉱液が流ったという可能性を示唆している。
- (2) 高亜鉛帯の形は、-30m坑準においても、ほぼ同じ傾向を示すが、その高銀-鉛帯との境は急傾斜で外側に広がる傾向を示している。従って、高銀-鉛脈群も下部では、次第に高亜鉛帯に移行することが予想される。

San Vicente 鉱脈群の北方に位置するTajos 鉱脈群は、幅数 $m \sim 10m$ の珪化作用を主とする変質帯を伴っており、鉱脈の脈幅は20~70cmと変化し、一般に小規模であり、露頭では鉱石鉱物がみられず、石英、重晶石、菱鉄鉱のみがみられ、San Vicente 鉱脈群の鉱化作用の周縁部に当たるものと考えられる。

またSan Vicente 鉱脈群の南方に分布するSan Francisco 鉱脈群は、San Francisco 脈を含むSan Vicente 坑周辺のものを除いては、鉱石鉱物を有する鉱脈はほとんどなく、珪化作用あるいは粘土化作用のみられる珪化粘土脈とも称すべき脈である。一部には、重晶石などの脈石鉱物を有し、また鉱石鉱物も有して、明らかに鉱脈露頭であることを示す脈があるが、鉱化作用は全般的に弱く、San Vicente 鉱脈群を鉱化作用の中心とすれば、San Vicente 坑周辺のものを除き、本鉱脈群はその周縁部に当たるものと考えられる。なお、San Vicente 坑周辺のSan Francisco 脈は、脈幅30~150cm、水平延長300mで、往時相

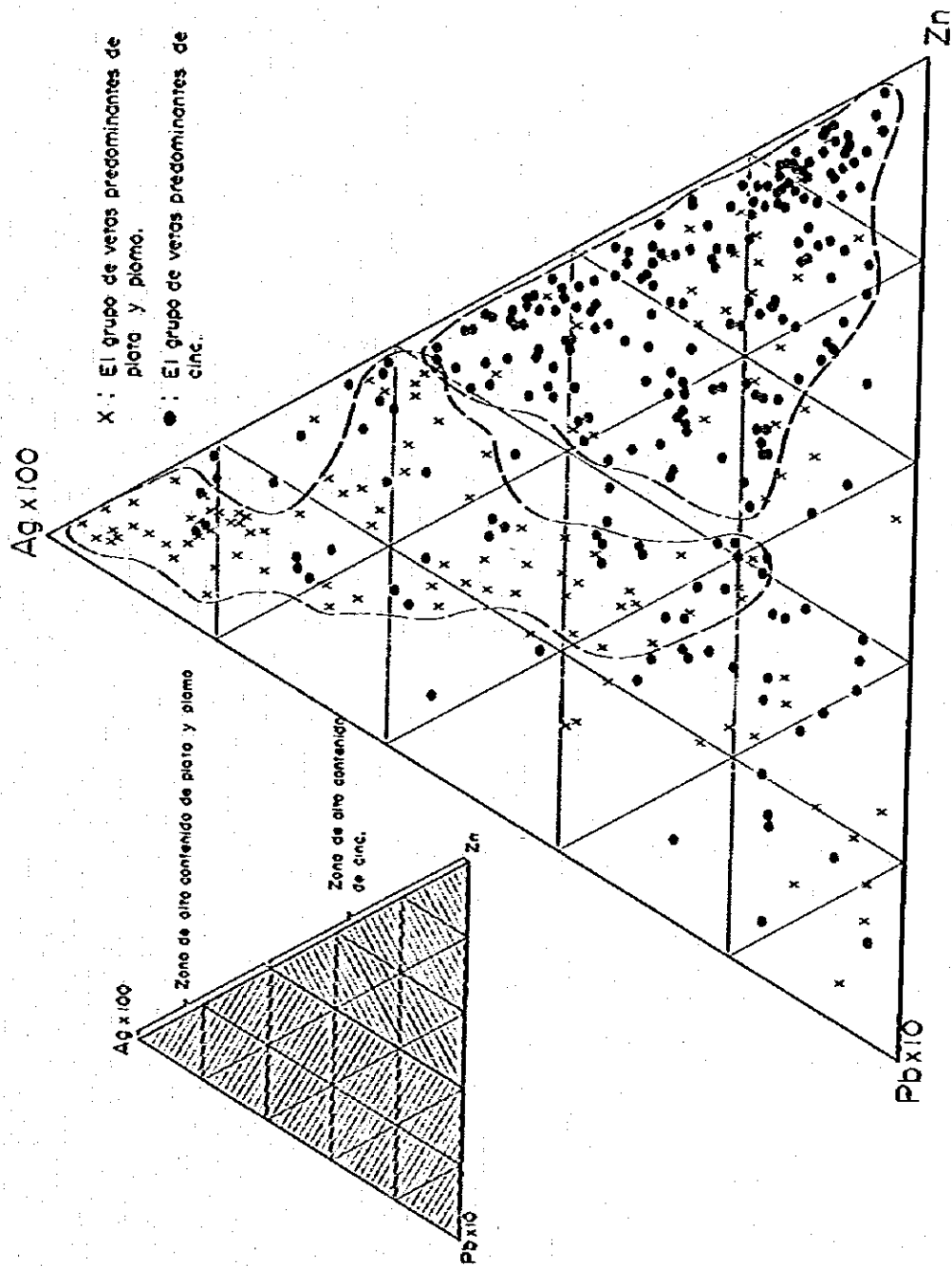


Fig. 7 Diagrama triangular de plata, plomo y cinc de todas las muestras obtenidas en interior mina de San Vicente.

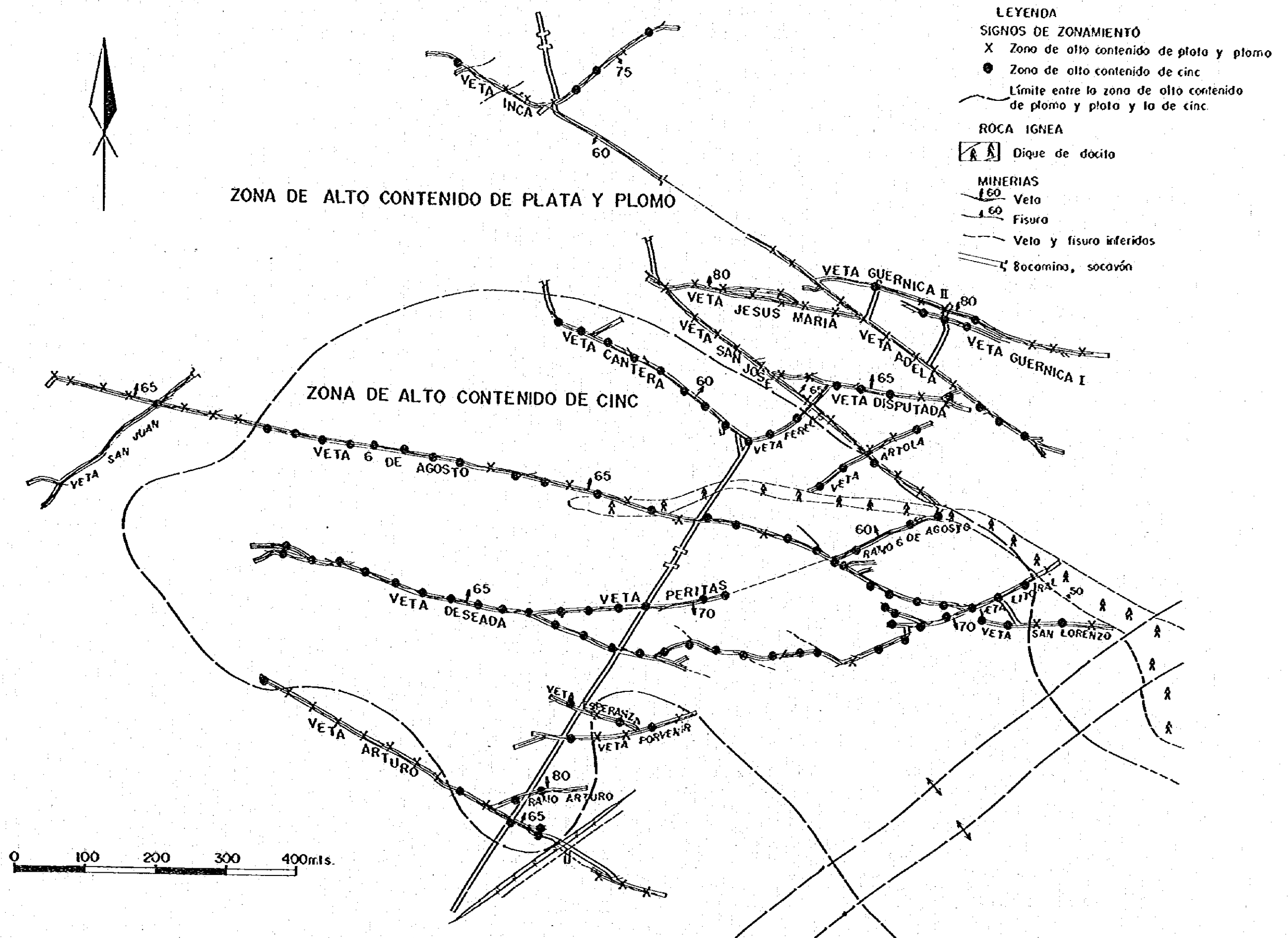


Fig. 8 Zonamiento de plata, plomo y cinc de la mina San Vicente, Niv. Oml.

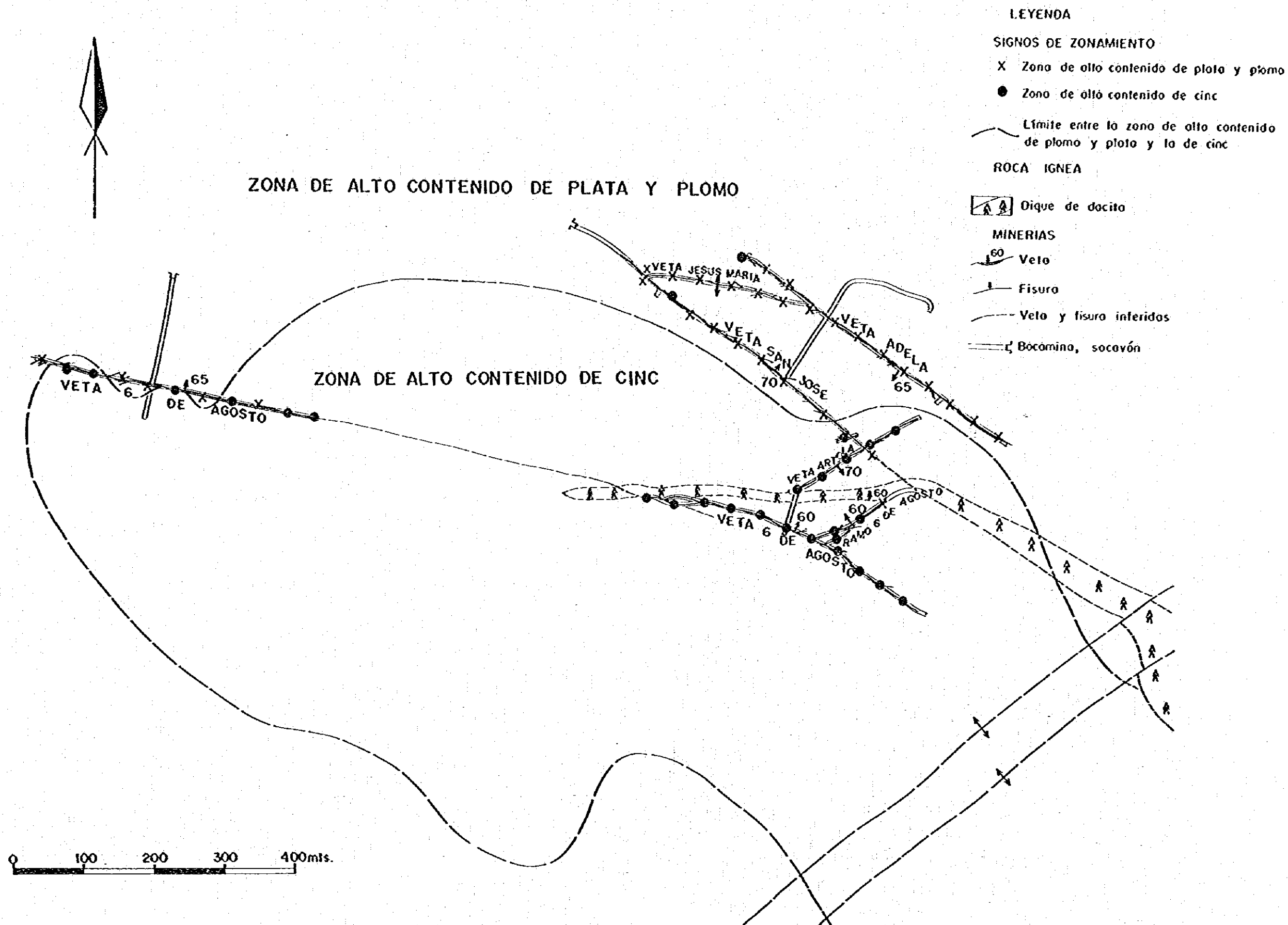


Fig. 9 Zonamiento de plata, plomo y cinc de la mina San Vicente, Nlv. -30mts.

当に採行され、鉛石鉱物は、閃亜鉛鉱、四面銅鉱、方鉛鉱、脈石鉱物は、石英、重晶石がみられ、露頭品位は比較的銀品位が高く、高銀-鉛帯に属するものと考えられる。

3-4-2 Monserrat 鉛床群

Monserrat 鉛床群は、Cerro Monserrat (セロ モンセラート)の尾根を中心とする Monserrat 鉛脈群と、Cerro Coronación (セロ コロナシオン)を中心とする Cerro Coronación 鉛脈群があるが、いずれも San Vicente 累層を母岩とする裂隙充填鉛脈である。

Monserrat 鉛脈群の主要脈は、北より P 脈、M 脈、San Martín 脈、A 脈、Salvadora 脈、Soniselma (ソニセルマ)脈がある。このうち、Salvadora 脈のみ 0 m 坑道で露押されている。これらの鉛脈は、San Vicente 鉛床群に比し、一般に走向と、傾斜が変化し、鉛脈は短く連鎖状につながり、網状脈の傾向を有している。EW 系の P 脈、San Martín 脈、A 脈、Soniselma 脈、N 60° W 系と EW 系の鉛脈が連鎖する M 脈、および N 60° E 系、N 60° W 系、EW 系が連鎖する Salvadora 脈があり、San Vicente 鉛脈群と同じく、東西方向の横圧力を考えれば、EW 系の鉛脈は張力面に、N 60° E 系と N 60° W 系の鉛脈は剪断面に、それぞれ形成されたものと推定される。

Monserrat 鉛脈群の脈石鉱物は、San Vicente 鉛床群と異なり、重晶石は含まれず、石英と絹雲母を主とする粘土よりなる。母岩の San Vicente 累層には、Monserrat 鉛脈群を含み、東は San Vicente 断層までおよぶ、広い範囲の変質作用がみられ、母岩は顕著な絹雲母化作用、珪化作用、黄鉄鉱化作用により脱色され、白色となっている。

Salvadora 脈は 0 m 坑道で約 90 m 露押され、平均脈幅は 30 cm である。鉛脈の平均品位は錫 0.10 %、銀 0.065 %、銅 0.06 %、鉛 1.18 %、亜鉛 8.08 % である。鉛石鉱物は閃亜鉛鉱、方鉛鉱、四面銅鉱および錳石で、銀鉛物の主なものは四面銅鉱と考えられる。

Salvadora 脈の下部に向け穿孔された No 52-1 試錐孔により、着鉛長 65 cm の錳高品位鉛脈(おそらく立入坑道で Salvadora 脈より約 20 m 下盤の Salvadora 下盤脈に相当)が捕捉されたが、その平均品位は錫 1.61 %、銀 0.011 %、鉛 0.65 %、亜鉛 0.80 % で、0 m 坑道に比し錳、銅品位が高くなり、銀、鉛、亜鉛品位が低くなっている。

この錳高品位鉛脈の鉛石鉱物の主要なものは、黄鉄鉱、黄銅鉱、黄錳鉱、閃亜鉛鉱であり、錳石、方鉛鉱、四面銅鉱、濃紅銀鉱、車骨鉱、Ag-Pb-Bi-Sb-S 鉛物を伴っている。これらの鉛石鉱物と脈石鉱物の晶出順序は、①石英-錳石-黄鉄鉱、②閃亜鉛鉱-黄鉄鉱、③閃亜鉛鉱-黄鉄鉱-黄銅鉱-黄錳鉱-方鉛鉱-四面銅鉱-濃紅銀鉱-車骨鉱-(Ag-Pb-Bi-Sb-S)鉛物、④黄鉄鉱-白鉄鉱-絹雲母と推定される。

次に 0 m 坑道および No 52-1 試錐孔より採取された試料 26 個の分析結果を、鉛-銀-錳の三

No. 52-1

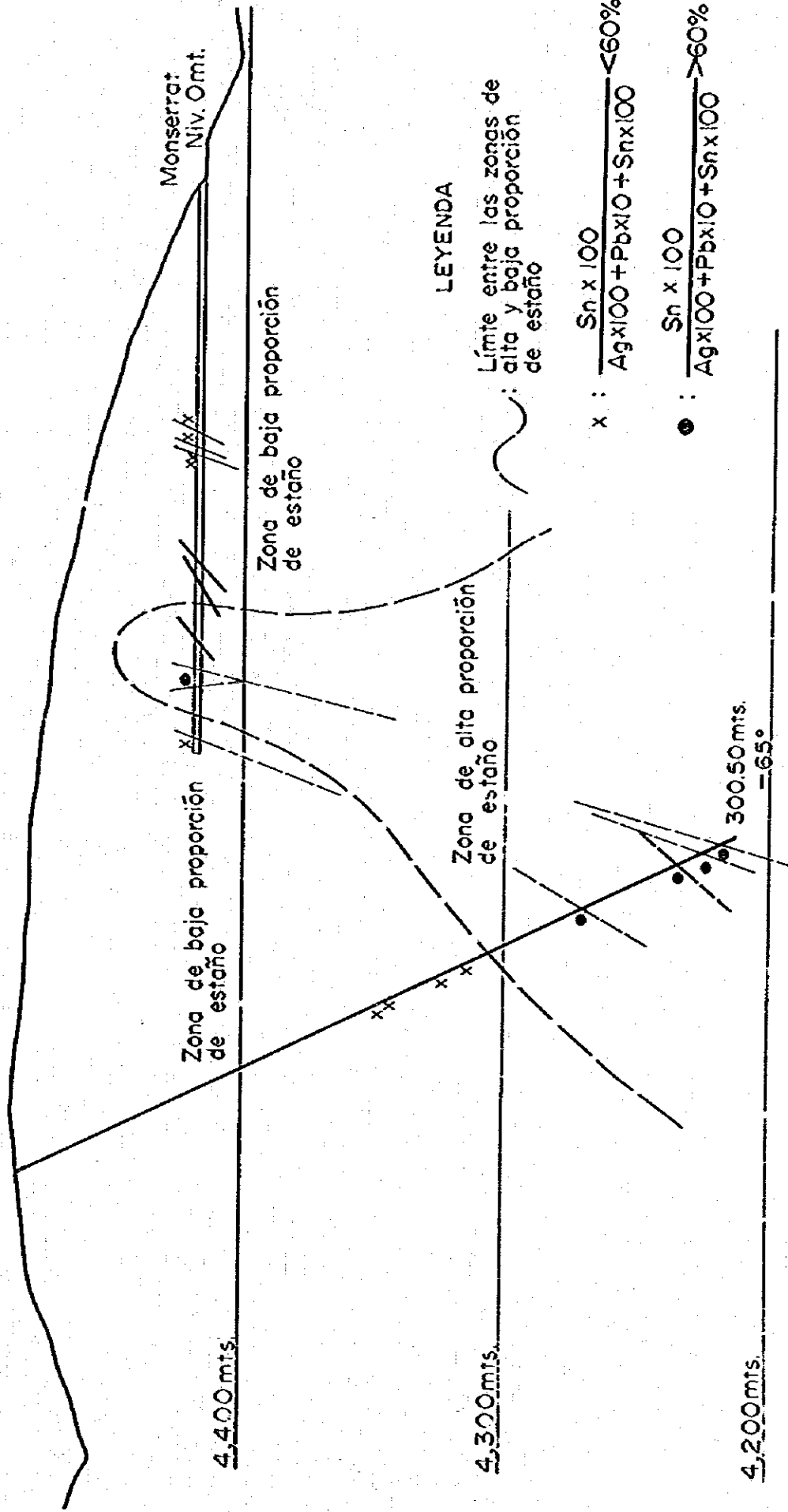


Fig. 10 Perfil demostrativo de zonamiento de plata, plomo y estaño de los yacimientos de Monserrat

角図表にプロットし、(Pb+Ag): Snが40:60の線で高銀-鉛帯と高錫帯に分け、これをFig. 10断面図にプロットし、高銀-鉛帯と高錫帯に分帯し、帯状分布図を作成した。即ちこの断面に示されるように、地表付近では高銀-鉛帯であるが、深部では高錫帯に移行するものと考えられる。

また鉱石鉱物は、高温相の錫石と低温相の四面錳鉱、淺紅錳鉱等のサルフォザルツ(Sulphosalts)が共生しており、Montserrat 鉱脈群もSan Vicente 鉱脈群と同じく、淺所高温型のゼノサーマル鉱床に属するものと考えられる。

Montserrat 鉱脈群の南のCerro Coronación 鉱脈群は、Montserrat 鉱脈群とSan Vicente 鉱脈群の中間に位置している。主要なものは、3脈であるが脈幅3~5cmで小規模であり、鉱石鉱物は、核化錳鉱物の他に、閃亜鉛鉱、方鉛鉱が認められるが、品位は高くない。また脈石鉱物として、重晶石がみられる。おそらくSan Vicente 鉱床群の周縁部と推定される。

3-4-3 Tatasi 鉱床群

Tatasi 鉱床群の主要な鉱脈は、現在稼行中である東部のSan Francisco 脈、Alcira (アルシラ)脈、Jampatituyoc (ハンパティトウヨック)脈、Angeles (アンヘレス)脈、Santo Domingo 脈、Santo Domingo 支脈、西部のSan Gregorio 脈、Arce 脈、過去にスペイン時代より稼行され、現在ほとんど入坑不能である中央部のTusti 脈、Chicharrona 脈である。これらの鉱脈はRio Tatasi 凝灰角礫岩部層、Cerro Chicharrona Punta 熔岩円頂丘およびChicharrona 熔岩のいずれかを母岩とする裂縫充填鉱脈である。

これらの鉱脈の走向、傾斜、水平延長、平均脈幅、平均品位、鉱石鉱物はTabla 5 鉱脈一覧表に示される。

Tatasi 鉱山の現在稼行中であるGuadalupe 坑(0m, -70mおよび-110m坑道)、Alcira 坑(-70mおよび-140m坑道)、San Francisco 坑(0mおよび+35m坑道)、San Gregorio 坑(0mおよび-30m坑道)およびArce 坑において坑内地質精査が実施されたが、これによる観察と坑内地質図を基にして、Tatasi 鉱床群の裂縫系を解析した。即ち、オルドビス系と白亜系の褶曲構造がほぼ南北方向であることより、Tatasi 地域においても、San Vicente 地域と同じく、地域全体に東西方向の横圧力が働き、先ず基盤岩に裂縫が形成し、その弱線に沿って、Tatasi 地域の火山岩類および火山砕屑岩類が噴出、流出し、最後に北西-南東方向の弱線に沿ってSanta Mica, Cerro Chicharrona PuntaおよびCerro Tabla Cruz の3種類の熔岩円頂丘が貫入、噴出したものと推定される。

Tatasi 鉱床群はこの東西方向の横圧力が、基盤岩上部のTatasi 地域の火山岩類および火山砕屑岩類にまでおよんでおり、裂縫系を形成した後、火山活動に引き続いた鉱化作用により、生成され

Tabla 5 Vetas, minerales y sus leyes por cada veta de la mina Tatasi

Nombre de veta	Nivel de Guadalupe	Clasificación	Rumbo	Inclinación	Longitud mts	Ancho medio cms	Número de muestras	Ley					Mineral principal	Mineral accesorio
								So(%)	Ag(%)	Pb(%)	Zn(%)	Sb(%)		
Veta Jaxpatituyoc	0	T ₁	N35°E	80°S	500	25	8	0.17	0.133	3.40	3.47	0.50	Gn, Sp	Fy, Ccp, Id
Veta Angeles	0	T ₁	N35°E	65°S	600	35	11	1.38	0.153	6.54	3.41	0.21	Gn, Sp, Stn	Fy, Ccp, Bo, Pu, Asp
Veta Santo Domingo	0	T ₂	N70°E	80°S	600	25	35	0.21	0.143	9.07	10.03	0.13	Sp, Gn, Fy	Ccp, Jn, Asp
Raso Santo Domingo	0	S ₁	N45°E	70°S	400	25	18	0.06	0.181	23.90	7.21	0.26	Gn, Sp, Fy	Ccp, Id, Arg Fr, Po, El
Veta Angeles	-70	T ₁	N35°E	65°S	400	25	8	1.62	0.680	59.43	7.26	1.73	Gn, Sp, Stn, Fy	Ccp, Bo, Po, Asp
Veta Santo Domingo	-70	T ₂	N70°E	80°S	540	20	12	0.10	0.119	19.04	13.35	0.55	Sp, Gn, Fy	Ccp, Fr, Jn, Po
Raso Santo Domingo	-70	S ₂	N70°E	85°S	200	15	5	0.02	0.297	31.63	7.19	0.20	Gn, Sp, Fy	Ccp, Id, Fr, Po
Veta Angeles	-110	T ₁	N35°E	65°S	300	60	3	0.78	0.353	6.54	2.54	0.89	Gn, Sp, Stn, Fy	Ccp, Bo, Ca, Bl?
Veta Santo Domingo	-110	T ₂	N70°E	80°S	400	10	8	0.40	0.172	18.97	23.54	0.61	Sp, Gn, Fy	Ccp, Fr, Jn, Po
Raso Santo Domingo	-110	S ₂	N70°E	85°S	60	40	1	0.10	0.133	17.64	30.91	0.53	Sp, Gn, Fy	Ccp, Fr, Jn, Po, Mc
Veta Alcira	0	T ₁	IV	80°S	240	10	4	0.03	0.310	33.84	9.82	0.34	Gn, Sp, Fy	Ccp, Id, Fr
Veta Alcira	-70	T ₁	IV	80°S	200	20	6	0.15	0.800	48.05	4.23	0.45	Gn, Sp, Fy	Ccp, Id, Fr
Veta San Francisco	110	T ₂	N30°V	70°S	260	40	10	0.01	0.014	1.53	15.99	0.20	Sp, Fy	Gn, Mc
Veta San Francisco	80	T ₂	N30°V	70°S	40	50	1	-	0.042	2.10	20.05	0.29	Sp, Fy	Gn, Mc
Veta San Gregorio	140	S ₁	N60° 70°V	90°	800	45	19	0.04	0.041	3.27	7.78	0.05	Sp, Fy	Gn, Ccp, Id, Mc
Veta San Gregorio	110	S ₁	N60° 70°V	90°	700	80	8	0.03	0.059	8.75	15.15	0.10	Sp, Fy	Gn, Ccp, Id, Mc
Veta Arce	140	T ₁	N35°E N35°E	80°S 80°S	140	20	6	2.55	0.683	0.06	1.50	1.93	Sp, Fy, Cs, Stn	Gn

Sp : Esfalerita
Gn : Galena
Fy : Pirita
Id : Tetraedrita
Ccp : Calcopirita

Cs : Casiterita
Stn : Estenita
Mc : Marcasita
Bo : Bournonita
Pu : Frostita

Asp : Arsenopirita
Jn : Jarescinita
Arg : Argentita
Fr : Pirargirita
Po : Politesita

El : Electrum
Bl : Boulangerita

- S₁ : Fractura prima por cizalla (Veta de los sistemas N50°E y N60°V)
- S₂ : Fractura segunda por cizalla (Veta de los sistemas N70°E y N35°V)
- T₁ : Fractura prima por tensión (Veta del sistema N35°E)
- T₂ : Fractura segunda por tensión (Veta del sistema N70°V)

たものと考えられる。また、これとは別に、今回の坑内地質精査の観察結果より、San Vicente 鉱脈群と同じく、裂罅のパターンより鉱脈のずれ、動きの方向を判定した。これらの結果より Fig. 11 の左上に示されるように、まず東西方向の横圧力を仮定し、これと同じ方向の $N 85^{\circ} E$ 系の鉱脈を一次の張力面 (T1) と考え、これと約 35° で交叉する $N 50^{\circ} E$ 系および $N 60^{\circ} W$ 系の鉱脈を、一次の剪断面 (S1) とした。次に、一次の剪断面に沿う動きから、二次の剪断面 (S2) と二次の張力面 (T2) を決定し、これに $N 70^{\circ} E$ 系と $N 75^{\circ} W$ 系の鉱脈をそれぞれ対応させた。以上の裂罅系パターンを Talasi 鉱床群にあてはめ、それぞれの鉱脈の性格およびその動きを示したものが、前述の Fig. 11 である。

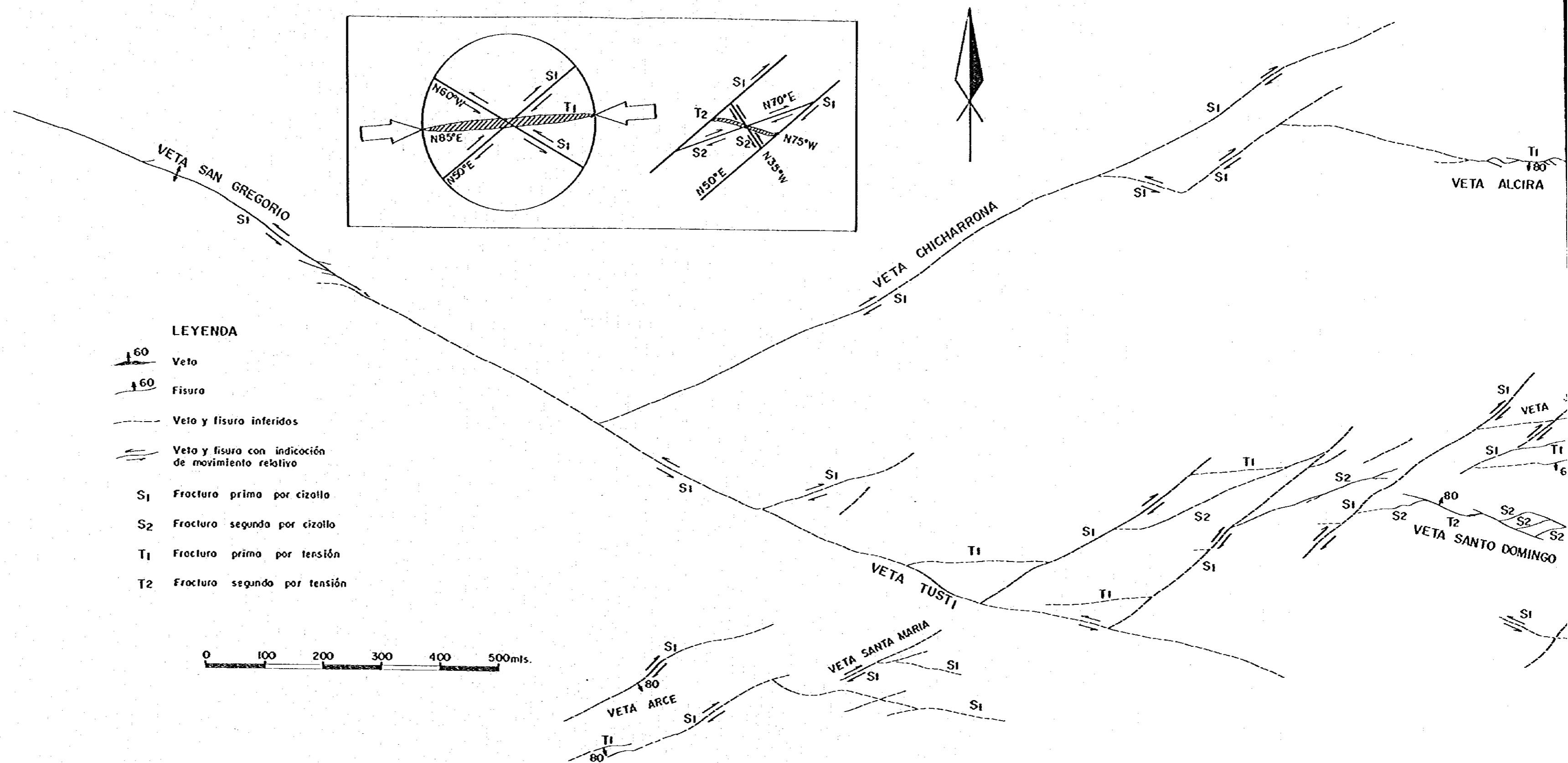
なお、Cerro Chicharrona Punta 熔岩円頂丘、もしくは Chicharrona 熔岩を母岩とする Alcira 脈、San Francisco 脈、Arce 脈は上述のごとく、一次の剪断面と一次の張力面の裂罅に沿って形成されたもので、一般に走向の変化が少ない。Rio Tatasi 凝灰角礫岩部層と、Cerro Chicharrona Punta 熔岩の境界付近に産する Jampatituyoc 脈、Angeles 脈、Santo Domingo 脈、Santo Domingo 支脈は、一次の剪断面と張力面の裂罅の他に、一次の剪断面に沿う横ずれの動きから生じた二次の剪断面と、二次の張力面の裂罅に沿って形成されたもので、一般に走向が変化し、短く連続状につながる傾向がみられるが、鉱脈の密度は極めて高くなっている。このように、母岩の物理的性質の相違により、裂罅の形成の型が異っている。

Talasi 鉱床群の脈石鉱物は、主として石英で、これに菱鉄鉱、絹雲母、その他の粘土鉱物を伴い、重晶石は稀である。また、鉱石鉱物と共に、角礫状構造や縞状構造を形成し、その構造の間隙に晶滲がみられる。また、これらの鉱脈は、母岩に数 m から 10 数 m の幅にわたり、珪化作用、絹雲母化作用、緑泥石化作用、炭酸塩化作用、粘土化作用の顕著な熱水変質を与えている。また、鉄化作用と無関係な火山活動に伴う熱水変質が随所にみられるが、その境は明瞭でない。

Talasi 鉱床群の鉱石鉱物の主要なものは、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱で、黄銅鉱、碲鐵鉄鉱、白鉄鉱、錫石、毛鉄、車骨鉄、四面銅鉄、輝安銅銀鉄、濃紅銀鉄、淡紅銀鉄、輝銀鉄、エレクトラムを伴っており、他にブーランジュライト鉄らしき鉱物が観察された。

これらの鉱石鉱物のうち、錫石—黄鉄鉱—閃亜鉛鉱—石英が密接に関係し、早期に晶出し、次いで閃亜鉛鉱—黄銅鉱—黄鉄鉱—方鉛鉱—黄銅鉄—毛鉄—車骨鉄—四面銅鉄—輝安銅銀鉄—濃紅銀鉄—淡紅銀鉄—輝銀鉄—エレクトラム—碲鐵鉄鉱がほぼ同時期に相前後して晶出し、最も晩期に黄鉄鉱—白鉄鉱—炭酸塩鉄物が晶出している。

以上述べた如く、Talasi 鉱床群の鉄鉱物は、San Vicente 鉱床群に比べ、濃紅銀鉄、淡紅銀鉄、輝安銅銀鉄、四面銅鉄のサルフォザルツの他に輝銀鉄、合銀方鉛鉄、エレクトラムが存在し、非常に多種類である。また銅鉄物は黄銅鉄、錫石がみられ、局部的に銅が高品位を示している。このように高温相の銅石と、低温相のサルフォザルツが共生しており、San Vicente 鉄

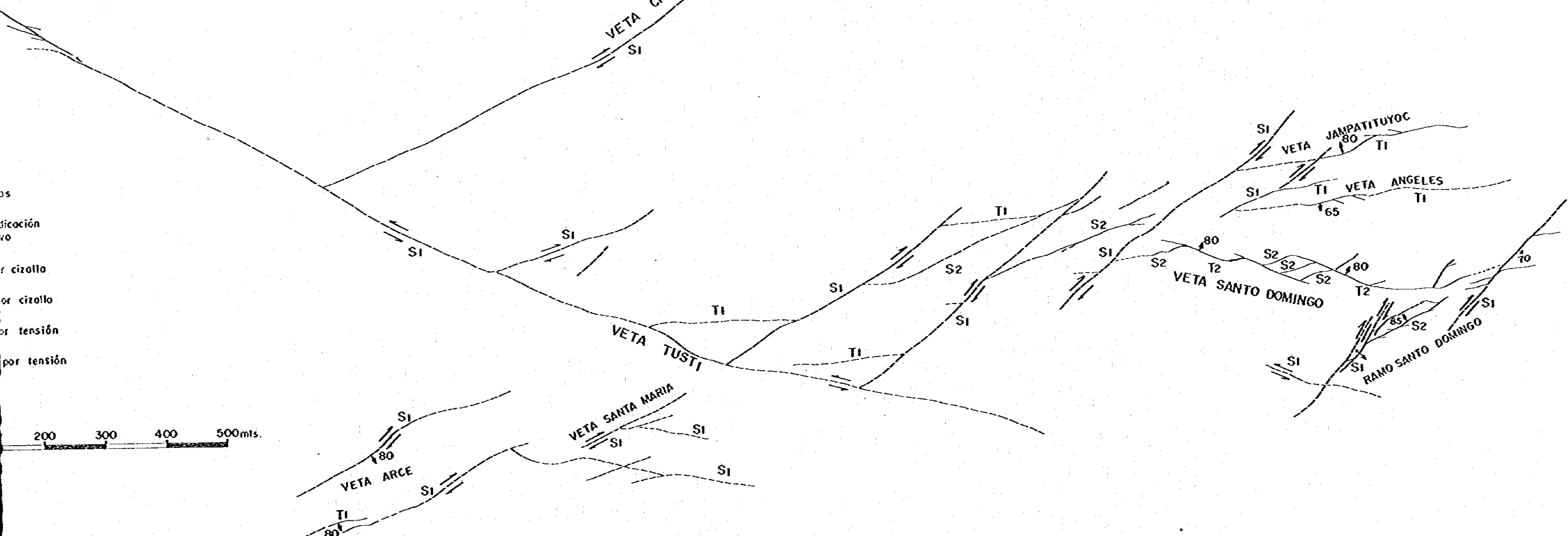
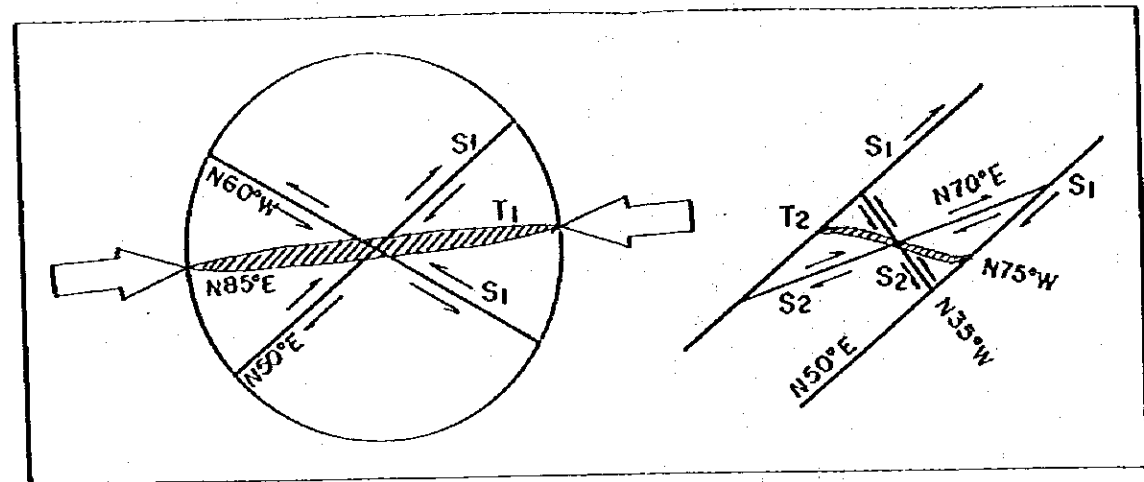


LEYENDA

- Veto
- Fisura
- Veto y fisura inferidos
- Veto y fisura con indicación de movimiento relativo
- S1** Fractura prima por cizallo
- S2** Fractura segunda por cizallo
- T1** Fractura prima por tensión
- T2** Fractura segunda por tensión

0 100 200 300 400 500ms.

Fig. II Modelo de vetas de la mina Tafasi



os
 ición
 vo
 r cizallo
 or cizallo
 or tensión
 por tensión

Fig. 11 Modelo de vetas de la mina Tatasi

床群や Monserrat 鉛床群と同じく浅所高温型のゼノサーマル鉛床に属するものと考えられる。しかし San Vicente 鉛床群は比較的亜鉛品位が高く、Monserrat 鉛床群は錫品位が高く、Tatasi 鉛床群は銀、鉛品位が高い特徴を有しており、それぞれ異なった鉛石鉛物の共生関係を示している。

坑内地質精査において採取された鉛石試料 143 個について、錫、銀、鉛、亜鉛、アンチモンの 5 成分の化学分析を行なった。この 5 成分の化学分析結果について、2 成分毎の相関を検定した。その結果、銀-鉛の 2 元素の関係は、1% の危険率で相関が密接であり、また銀-アンチモンの 2 元素間の関係も同様に、1% の危険率で相関が密接であることが判明した。その他の成分の組合せについては、相関はみられなかった。この相関検定の結果を、前述の鉛石鉛物の観察結果により解釈すると、銀-鉛の相関は方鉛鉛が濃紅鉛鉛、淡紅鉛鉛、輝安鉛鉛鉛、四面鉛鉛鉛、輝鉛鉛鉛、エレクトラムの鉛鉛物と密接に共生し、かつ方鉛鉛鉛も銀を含むためと考えられる。また銀-アンチモンの相関は、アンチモンを含む濃紅鉛鉛鉛、輝安鉛鉛鉛鉛、四面鉛鉛鉛鉛が鉛鉛物の主体を占め、かつその他のアンチモンを含む毛鉛鉛鉛、車骨鉛鉛鉛、プーランジェライト鉛鉛鉛らしき鉛鉛物も、これと密接に共生するためと推定される。

次に鉛石鉛物のうち、閃亜鉛鉛鉛が錫、銀、鉛、アンチモンの鉛鉛物よりも露出期間が長いため、亜鉛は錫、銀、鉛、アンチモンと異った動向を示すことに着目し、鉛石試料 143 個の分析結果を Fig. 12 に示されるように、銀-鉛-亜鉛の三角図表にプロットし、これを (Ag + Pb): Zn が 60:40 の線で、高銀-鉛帯と高亜鉛帯に分け、これを Fig. 13, Fig. 14 および Fig. 15 の Tatasi 東部鉛鉛群の平面図 (Guadalupe 坑 0 m, -70 m および -110 m 坑道) にプロットし、高銀-鉛帯と高亜鉛帯に分帯して、帯状分布図を作成した。この帯状分布図より、Tatasi 東部鉛鉛群について、次の事項が推論される。

- (1) 高亜鉛帯は、北側の San Francisco 脈付近と南側の Santo Domingo 脈の南にあり、いずれも Cerro Chicharrona Punta 熔岩円頂丘に属する北側の Cerro Chicharrona Punta 岩体と、南側の Santo Tullu 岩体の中か、それに近い箇にある。従って、高銀-鉛帯は両岩体の中間に位置している。
- (2) 高亜鉛帯と高銀-鉛帯の境は、Guadalupe 坑では殆ど垂直である。しかし各鉛鉛群の坑準別平均品位は、Santo Domingo 脈および Santo Domingo 支脈には共に、-70 m 坑道では、鉛品位が亜鉛品位よりわずかに高いが、-110 m 坑道では、亜鉛品位が、鉛品位よりはるかに高くなっており、下部ほど亜鉛品位が高くなる傾向を示している。

(Tabla 5 参照)

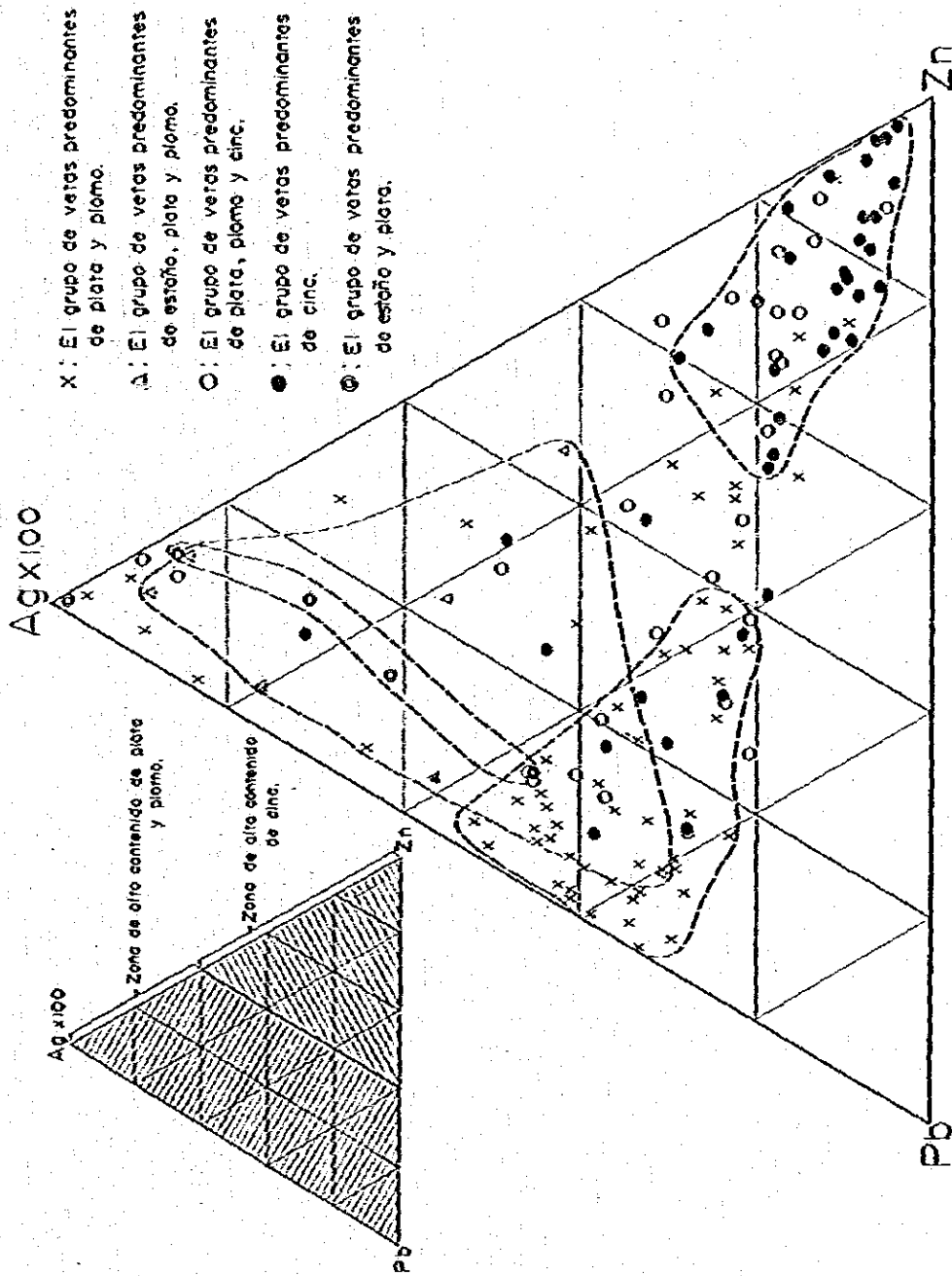


Fig. 12 Diagrama triangular de plata, plomo y zinc de todas las muestras obtenidas en interior mina de Tatasi.

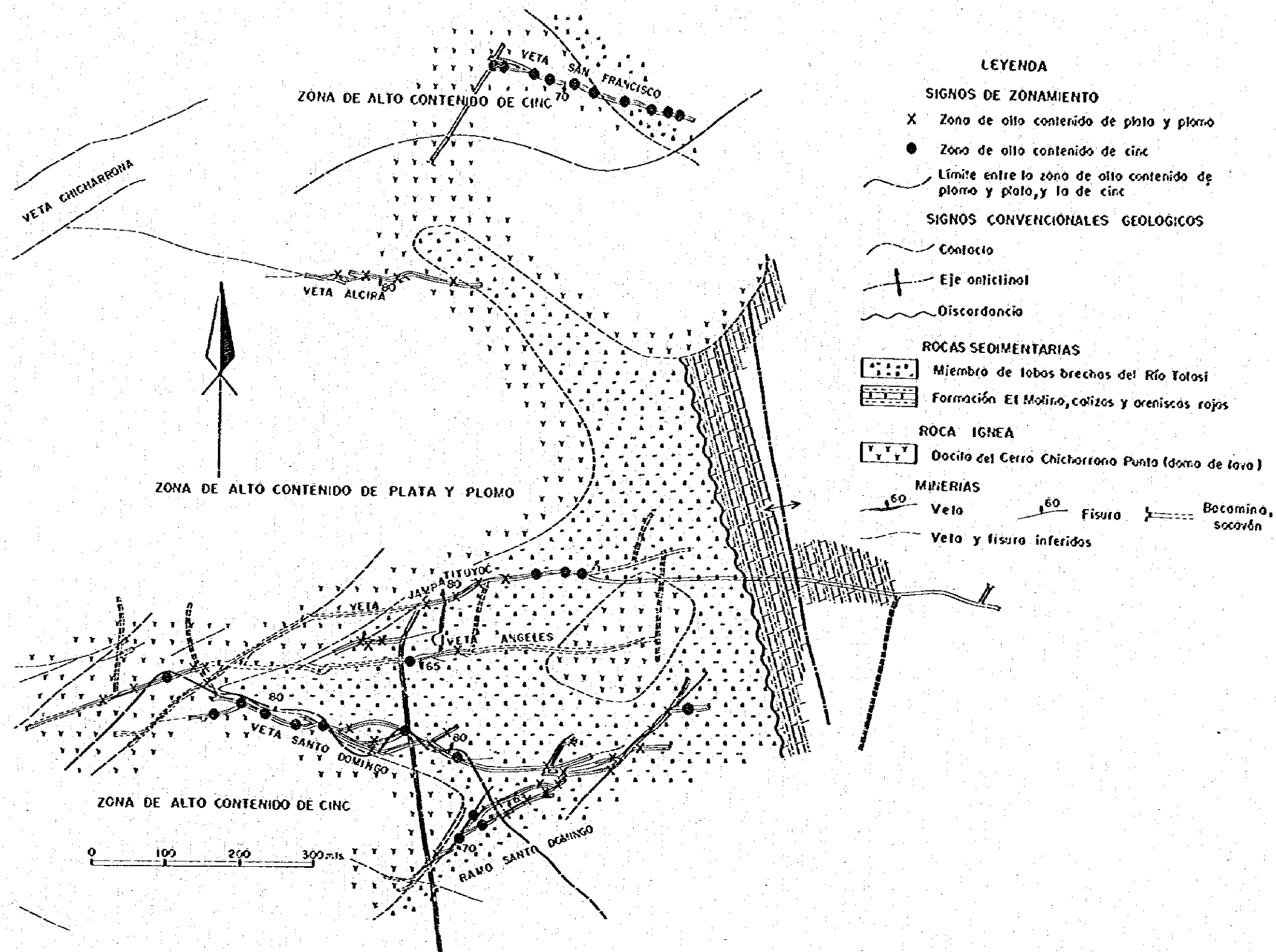


Fig. 13 Zonamiento de plata, plomo y cinc de la mina Tolosa, Guadalupe Niv. 0mt., Alcira Niv. - 70mts. y San Francisco Niv. 35mts.

LEYENDA

SIGNOS DE ZONAMIENTO

- X Zona de alto contenido de plata y plomo
- Zona de alto contenido de cinc

— Límite entre la zona de alto contenido de plomo y plata y la de cinc

SIGNO CONVENCIONAL GEOLOGICO

— Contacto

ROCAS SEDIMENTARIAS

▨ Miembro de tobas brechas del Río Tatasi

▨ Miembro de pizarras de Okoruro

ROCA IGNEA

▨ Dacita del Cerro Chicharrona Punta (domo de lava)

MINERIAS

— Veta

— Fisura

— Veta y fisura intercaladas

— Bocamina, socavón

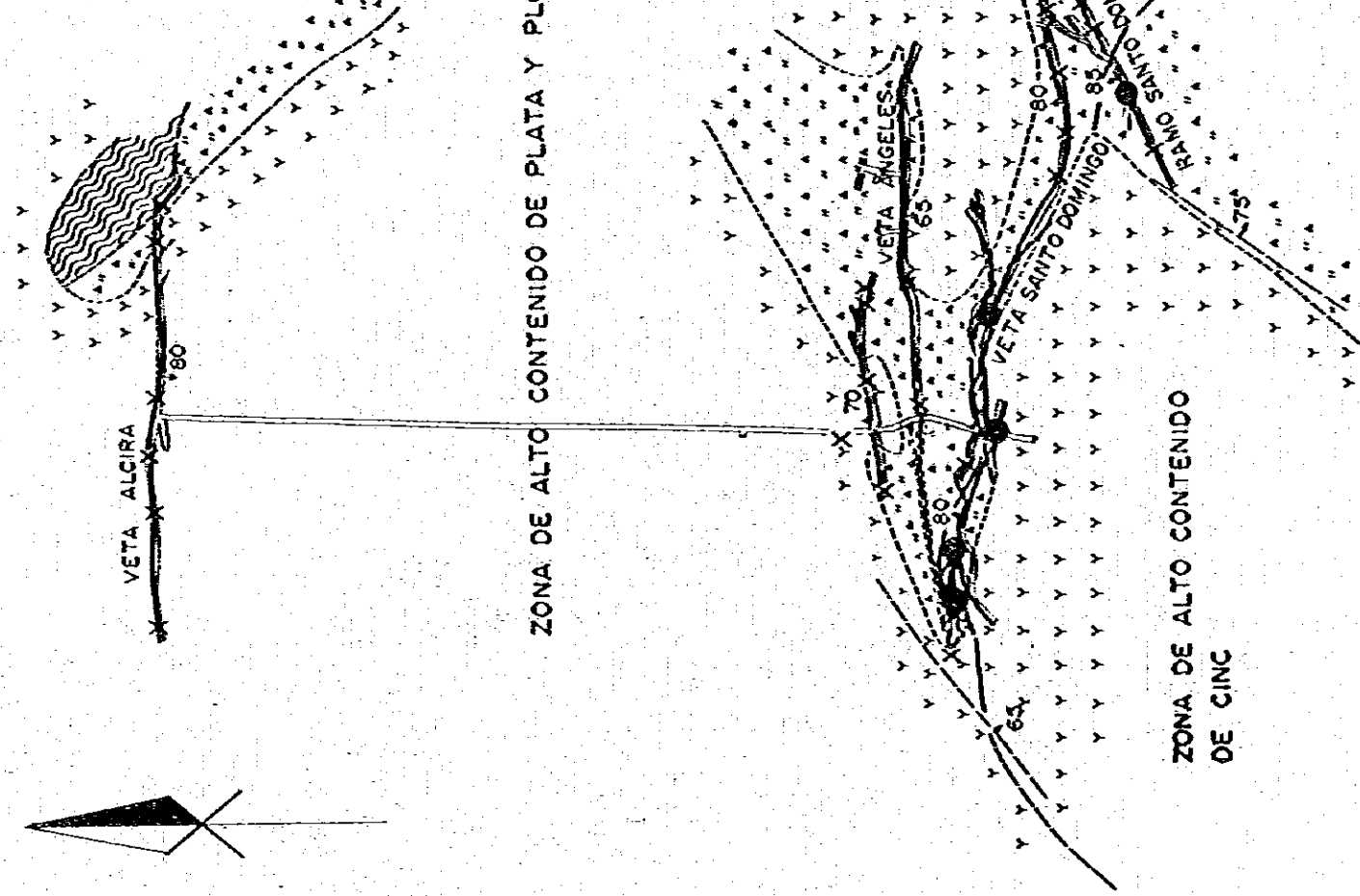


Fig. 14 Zonamiento de plata, plomo y cinc de la mina Tatasi, Guadalupe Niv. - 70mts. y Alcira Niv. - 140mts.

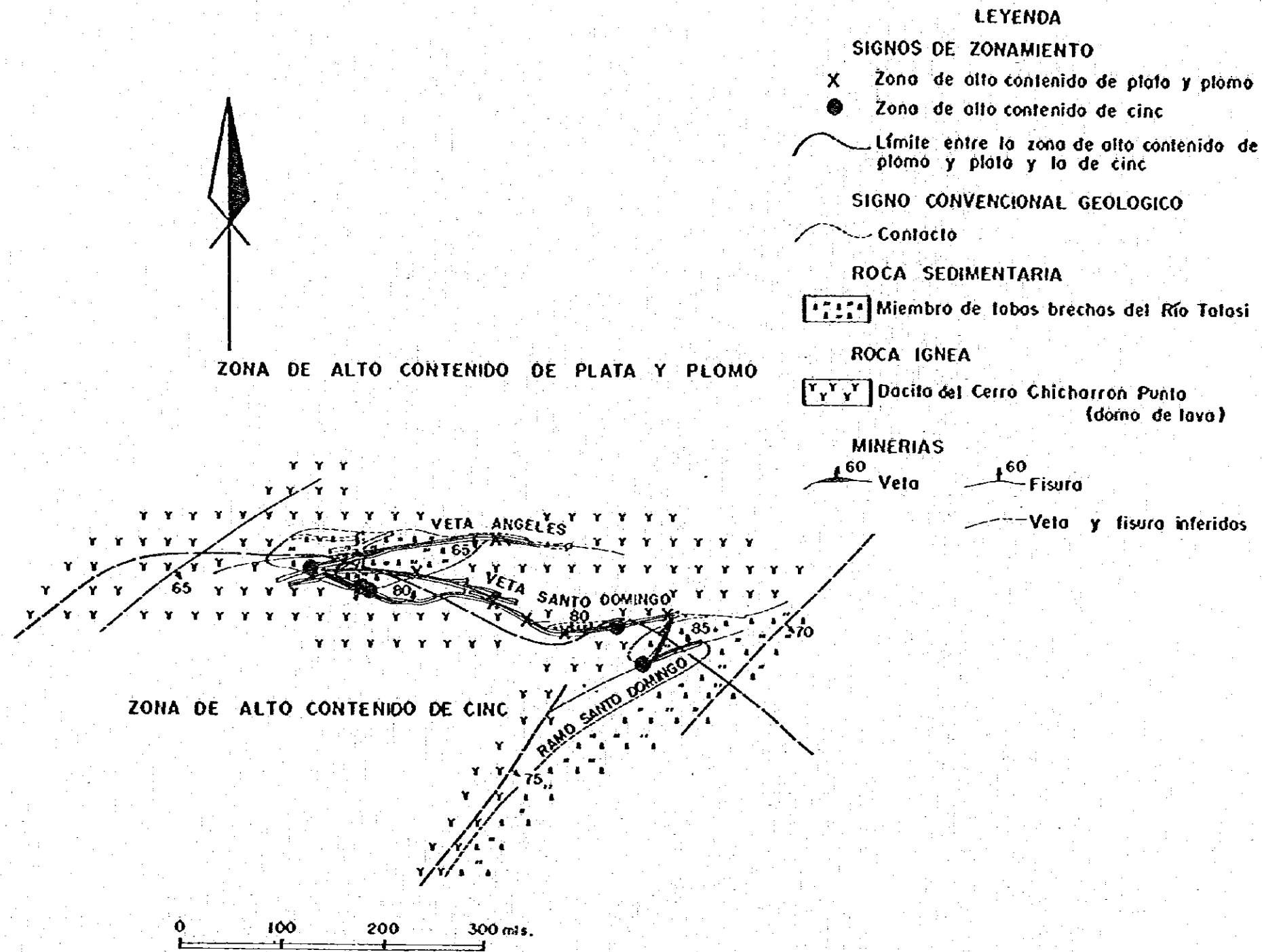


Fig. 15 Zonamiento de plata, plomo y cinc de la mina Talasi, Guadalupe Niv. -110 ms.

第4章 第1年次調査

本調査の目的は、銀、鉛、亜鉛、錫の鉱石を産出する San Vicente 鉱山および Tatasi 鉱山を含む面積 300 km² の調査対象地域より、鉱床賦存の可能性の高い地区を抽出することになった。

そのため、第1年次調査は、①広域の地質および地質構造を把握、それと鉱床との関係を明らかにするための地質概査、②地質概査にもとづき有望地域として抽出された San Vicente 地域と、Tatasi 西部地域について、さらに地質と鉱床の詳細を知るため地質精査を行なった。

4-1 調査方法

4-1-1 地質概査

調査地域全域にわたる縮尺 1/10,000 の地形図上に、地質データをマッピングした。調査ルートはできるだけ全域に平均して入るよう配慮し、500 m × 500 m の範囲内に、少なくとも1箇所の樹定、観察箇所が入るよう努力した。調査地域の地質構造は南北系であるため、ルートはなるべくこれを縦断する方向に発達した山地の尾根、峡谷、河川沿いにとり、調査結果が地質構造の解明に有効であるよう配慮した。調査にあたっては、空中写真解析も平行して行ない、一方、ポリウイア 鉱山公社より提供された諸資料も充分参照して、その結果の解析を行なった。

4-1-2 地質精査

地質概査の結果、部分精査を行なう必要のある有望地域として、San Vicente 地域と Tatasi 西部地域が選定され、地質精査が実施された。本調査は縮尺 1/10,000 の地形図を基にして作成された 1/5,000 地形図を使用し、鉱脈、鉱徴地、変質帯、坑口等はコンパス測量を行なって、正確な位置を把握し、これを図化した。またルートは精査の性質に鑑み、鉱脈等は追跡して測量を行なった。かくして、最低 300 m × 300 m の区画内には、1箇の観察資料が入るよう配慮し、調査密度の向上を計った。

4-2 第1年次調査結果

(1) 調査地域の地質は下部よりオルドビス系、白亜系上部層の El Molino 層、第三紀後期に属する San Vicente 累層、Quehua 累層上部層、および石英安山岩の砕岩、砕岩円頂丘、岩脈および酸性火山砕屑岩類より構成されている。オルドビス系は、層厚 3,400 m で、岩相上、下部より Asunta 砂岩部層、Ventillas 砂岩、粘板岩互層部層、Okoruro 粘板岩部相の各層に分類される。本層中には全く火成活動が見られず、劣地向斜型の堆積物であり、かつフロートキャストやリップルマーク、グレーディングが発達して、よりフリッ

型)の堆積物に属する。白亜系のEl Molino層は、オールドビス系とは明瞭な傾斜不整合で接し、礫岩、石灰岩、泥灰岩、赤色砂岩より構成され、層厚は薄く200m程度である。第三系に属するSan Vicente累層は、San Vicente地塊に広く分布し、分級不良の赤色礫岩層より構成され、花粉分析の結果によれば、中新世より鮮新世に属するものと考えられるが、周囲の火山岩の年代決定なども考慮し、中新世後期に属するものと判断された。

Quehua累層上部層は調査地塊では、北端にわずかに分布しているのみで、白亜系、オールドビス系に不整合で接するが、上記San Vicente累層との関係は、調査地塊では不明であり、おそらく続成作用が進んでおらず、中新世最上部より鮮新世にかけての時代と推定される。

(2) 地質構造は、アンデス山系のほぼ一般方向に沿い南北系であるが、調査地塊でも、San Vicente累層分布付近を除いては、ほぼ南北系の褶曲を示し、中世代から現在まで東西系の同一の横圧力をうけてきたものと解される。しかし火山岩の分布地塊では、当然ながら、これら一般走向と異った褶曲方向を示すものが多く、擾乱されている。調査地塊では、これらの褶曲に伴い、褶曲軸に平行な断層が多数発達するが、最も重要な断層は、San Vicente逆断層で、これはSan Vicente鉱床群の裂罅生成と、鉱化作用に密接な関係を有している。またTatasi地区における、白亜系および古生層の各褶曲軸は、この付近で北北西-南南東方向から南北方向に変じ、かつ褶曲の波長は短く急傾斜となり、これらの地区は、火山活動に伴った擾乱帯であって、間接的にTatasi鉱床群の生成と関係している。褶曲の形態は等斜褶曲が多く、したがって褶曲軸と直交、または斜交する断層は少なく、あっても小さい。

(3) 火成活動については、調査地塊では殆どTatasi鉱山周辺とSan Vicente南東地区に限定され、火山岩類および火山砕屑岩類がみられるが、他の地区では見られない。これら火山岩類は、年代決定の結果16myより23myに入るが、野外観察の結果では、殆ど同時代の活動とみられ、地質層序の見地から、火成活動は中新世後期と考えた。岩石の化学成分については、カルクアルカリ岩類に属し、安山岩から石英安山岩の領域に入るが、一般的に K_2O に富み粗面岩質である。初期流出火山岩類より、後期の方がより塩基性となっている傾向がみられる。

(4) 鉱脈生成機構については、Tatasi鉱床群においては、EW系、 $N60^{\circ}-70^{\circ}W$ 系、 $N60^{\circ}-70^{\circ}E$ 系の脈が存在するが、大局的に見れば、EW系の脈とみられる。鉱床の分布は、火山岩類または火山砕屑岩類に限られており、鉱脈生成については、一般地質構造を形成した応力による岩石破断とは異った様相を呈しており、熔岩円頂丘生成の際のドームアップによる断層帯の生成か、もしくは冷却後の沈下による断層帯の形成によって裂罅が生じ、鉱化作用が行なわれたものと考えられた。San Vicente, Monserratの鉱床群についてはSan Vicente断層を生じた横圧力による引張り応力による裂罅と解され、さらに鉱化作用としては、Potos Orkhoの火山岩、および岩脈に密接な関係を有している。今回の調査は、地

表調査が主体であり、地表の鉍化部は殆ど核化露頭となっており、鉍石鉍物の共生関係や、累帯構造などについて明らかにし得なかった。従って、鉍化の中心部および下部への鉍床の落しの方向等については言及し得ず、これらは今後の調査にまたなければならない。

(5) Tatasi 鉍山周辺の採鉍については、鉍床の水平分布の限界は、火山岩ならびに火山砕屑岩類の分布する地域に限定されており、水平的に未探査の地域は、Tatasi 鉍山西部地域である。Santa Mica 塔岩円頂丘のドームの配列する北西方向線上、および東西方向に分布する変質帯に対し(東西系鉍脈に対応する)、採鉍を実施することが極めて有効と考えられる。地表調査は今回実施の精査に引続き、物理探査(IP法)によって鉍化帯の水平、垂直分布を限定し、さらにその結果によって、試錐を実施すべきと思われる。

(6) Tatasi 鉍床は、上記により平面的な探査を実施すれば、当然下部調査が問題となるが、坑内調査により富鉍部規制の要因、共生鉍物の変化による鉍化の中心部の推定、また火山岩の下部における分布によつての噴火中心地推定等を解析して、下部採鉍に対する作業仮説を設定し、下部探査を実施する必要がある。そのための坑内精密地質調査、これに付帯する研究室での解析結果を総合して、下部に対し有効な試錐、坑道採鉍を促進すべきと思われる。

(7) San Vicente 鉍床群については、今回の調査によりその分布範囲がほぼ明らかにされたが、さらにこれを明確にし、かつ下部への鉍化の有無を確認するための探査を実施し、さらに有望地には試錐等を実施すべきと思われる。San Vicente 地区では、下部に対する探査がほとんど行なわれておらず、主要脈存在地区で、ようやく坑道による0m地並以下の探査を実施しようとしているので、水平的にも有効な情報を得るための物理探査(IP法)を実施して、次段階への採鉍候補地を決定し、試錐などによる更に確実度の高い採鉍を実施すべきと思われる。採取岩石試料についての物性測定を実施し、さらにその結果によってシュミレーションを行ない、IP法の適応性を検討した結果、本地区に対するその適応性が確認された。

第 5 章 第 2 年次調査

本調査の目的は、第 1 年次の調査結果によって抽出された San Vicente 地域 (面積 40 km²) と、Tatasi 地域 (面積 9.4 km²) を対象として、これらの地域に含まれる San Vicente 鉱脈群および Tatasi 鉱脈群の下部の探鉱、および開発に指針を与え、またその周辺における、新しい鉱床が存在する可能性の高い地区を、選定抽出することにあつた。

そのため、第 2 年次調査は地表地質精査、露頭調査、稼行中の鉱山の坑内地質精査、IP 法による物理探査、および試鑛の各方法が用いられた。

5-1 調査方法

5-1-1 地表地質精査

San Vicente 地域の南東部を占める San Vicente 南東区域において、地表地質精査が実施された。本調査は主として 1/5,000 地形図を使用し、地形図のない南部の範囲については、縮尺 1/50,000 の地形図を基にして作成された 1/5,000 の地形図を使用した。また鉱脈、鉱徴地、変質帯、坑口等はコンパス測量を行なって正確な位置を把握し、これを図化した。調査密度は、最低 300 m × 300 m の区画内に 1 箇の観察資料が入るように調査した。

5-1-2 露頭調査

San Vicente 地域の San Vicente 坑を中心とする San Vicente 鉱山区域と、Montserrat 坑を中心とする Monserrat 区域、および Tatasi 地域において、露頭調査が実施された。本調査は、縮尺 1/5,000 の地形図を基にして作成された 1/2,000 地形図を使用し、露頭、鉱徴地、変質帯、坑口等はコンパス測量を行なって、正確な位置を把握し、これを図化した。また露頭、岩脈等延長性のあるものは、これを追跡して測量を行なった。重要な地質状況を示す箇所については、部分的に拡大スケッチを行ない、観察の精度を上げた。

5-1-3 坑内地質精査

San Vicente 坑の 0 m 坑準および -30 m 坑準、Montserrat 坑の 0 m 坑準および 40 m 坑準、Tatasi 鉱山の現在稼行中である Guadalupe 坑の 0 m、-70 m および -110 m 坑準、Aleira 坑の -70 m および -140 m 坑準、San Francisco 坑の 0 m および 35 m 坑準、および San Gregorio 坑の 0 m および -30 m 坑準と、Arce 坑において、坑内精密調査が実施された。本調査には 1/500 坑内図が使用され、測点からテープによって、その位置を把握しながら、坑道の地質スケッチが行なわれた。地質スケッチの投影面は天盤面とし、重要な地質状況を示す箇所については、部分的に拡大スケッチを行ない観察精度を上げた。

また鉱脈に沿い約 40 m 毎に、鉱脈に直交するように、鉱脈全幅にわたって、幅および深さは、それぞれ、3 cm、2 cm 以上とし、試料を採取した。ただし試料の採取長は 1 m 以下とした。

即ち、San Vicente 鉱山から368個の試料、Tatasi 鉱山から143個の試料、計511個の試料が採取された。この試料について、San Vicente 鉱山のものは、錫、銀、銅、鉛、亜鉛の5成分、Tatasi 鉱山のものは錫、銀、鉛、亜鉛、アンチモン5成分について化学分析が行なわれた。

5-1-4 物理探査

物理探査は傾度電極配置IP法と、Dipole-Dipole 電極配置IP法の2つの方法で実施された。まず、San Vicente 地域において、面積315haの範囲を250m間隔の測線9本(測線延長64.5km)でカバーし、傾度電極配置IP法が実施された。その結果にもとずき、選定抽出されたSan Vicente 坑付近(San Vicente 鉱山区域と呼称)、とMontserrat 坑付近(Monserrat 区域と呼称)における250m間隔の測線9本(測線延長22.45km)について、Dipole-Dipole 電極配置IP法による物理探査が実施された。

5-1-5 試 錐

San Vicente 地域において、Fig. 2で示される位置で、3孔掘進延長計901.6mの試錐が実施された。そのうちの2孔計601.1mはMontserrat 区域で行なわれ、1孔300.5mはSan Vicente 鉱山区域で実施された。

5-2 第2年次調査結果

(1) San Vicente 鉱床群は、新第三系のSan Vicente 累層中にあり、オールドビス系と新第三系を境するSan Vicenteの逆断層を生じせしめた東西方向の横圧力によって、これらの鉱脈の裂解系が形成されたものと考えられる。即ち、San Vicente 鉱床群のうち、主要なSeis de Agosto 脈、Deseada 脈は、一次の張力面に沿い、Adela(アデラ)脈、San José(サンホセ)脈、Arturo(アルトゥロ)脈が一次の剪断面に沿い生成され、これらの鉱脈の間の二次の張力面、剪断面に沿い、その他の鉱脈群が形成されたものと考えられる。また坑内地質精査により、San Vicente 鉱床群の南側のQuebrada San Franciscoに沿い、一次の剪断面であるSan Francisco 断層が予想された。

San Vicente 鉱脈群の鉱石鉱物は、主要な銀鉱物である含銀四面銅鉛と閃亜鉛鉛、方鉛、黄銅鉛、黄鉄鉛、黄鋳鉛、錫石、白鉄鉛から成り、脈石鉱物は、石英、重晶石を主としている。これらの鉱石鉱物を構成する、錫、銀、銅、鉛、亜鉛の成分のうち、錫、銀、銅、鉛は同一の変動を示すが、亜鉛は異なっており、この点に着目検討し、銀-鉛と亜鉛が帯状分布を示すことが明らかになった。この帯状分布より、San Vicente 鉱脈群は上記San Francisco断層を中心に、北西側に鉱化作用が広がったもので、その南東側にも、San Francisco脈を含む鉱化範囲が予想された。また帯状分布は、0m坑道と-30m坑道と大差なく、下部への鉱質

の変化は極めて緩やかであり、下部への鉱脈の伸展は予想される。

(2) Monserrat 鉱床群も、同じく新第三系 San Vicente 累層中にあり、東西方向の横圧力により形成された裂隙系がみられるが、一般に鉱脈は走向が変化し、網状あるいは雁行状を示す傾向があり、San Vicente 鉱床群に比べ規模が小さい。

本調査で実施された No. 52-1 試錐孔により、幅 65 cm、平均品位錫 1.61%、銀 0.011%、鉛 0.65%、亜鉛 0.80% の鉱脈と、その上下盤側に多数の細脈が捕捉された。また No. 52-2 試錐孔でも多数の細脈が捉えられた。これらの鉱脈および 0 m 準坑道において観察される鉱脈の鉱石鉱物は、黄錫鉱、錫石、含銀四面銅鉱、淡紅銀鉱、Ag-Pb-Bi-Sb-S 鉱物、閃亜鉛鉱、黄銅鉱、方鉛鉱、黄鉄鉱からなり、脈石鉱物は絹雲母と石英を主とする。これらの鉱脈は錫品位が高いことにより、銀-鉛と錫の帯状分布を断面で検討したところ、深部において明らかに銀-鉛に比し、錫が高くなる傾向を示し、Monserrat 鉱床群の下部への探鉱は、錫も対象とすべきであろう。

(3) Tatasi 鉱床群は、いずれも石英安山岩、もしくはその火山砕屑岩中にある。これらの石英安山岩を噴出、もしくは貫入せしめた弱線は、東西方向の横圧力にもとづくものであり、Tatasi 鉱床群の裂隙も、また東西方向の横圧力により形成されたものと考えられる。即ち Tatasi 鉱床群のうち、Alicira 脈は一次の張力面に沿い、San Gregorio 脈、Tusti (トウステイ) 脈、Chicharrona 脈は一次の剪断面に沿い、形成されたものであり、Guadalupe 坑の鉱床群は、Rio Tatasi 凝灰角礫岩と、Cerro Chicharrona Punta 熔岩との境界付近に発達し、一次および二次の剪断面、張力面に沿う裂隙に沿って、高品位鉱床群を形成している。

Tatasi 鉱床群の鉱石鉱物は、銀鉱物の種類が多く、淡紅銀鉱、淡紅銀鉱、輝安銅銀鉱、含銀四面銅鉱、輝銀鉱、エレクトラムがみられ、錫鉱物として黄錫鉱、錫が存在し、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱、碲碲鉄鉱、毛鉱、車骨鉱、白鉄鉱を共生している。脈石鉱物は、石英、菱鉄鉱、粘土鉱物がみられる。錫、銀、鉛、亜鉛、アンチモンの成分のうち、錫、銀、鉛、アンチモンは同一の動向を示すが、亜鉛は異なっており、San Vicente 鉱床群と同じく、銀-鉛と亜鉛の帯状分布がみられ、Tatasi 鉱山の今回調査された最下底坑道では、未だ銀品位が高いので、下部への鉱況の悪化は考えられず、さらに下部への探鉱が必要と考えられる。

(4) San Vicente 南東区域において、Potos Orkho 火山岩類中には多数の変質帯がみられたが、これは主として、火山活動後の熱水変質作用によるものであることが、明らかになった。また San Vicente 南東区域では、多数の鉱脈の露頭がみられたが、San Vicente 鉱山周辺のものを除いては、鉱石鉱物を有する鉱脈は殆どなく、San Vicente 鉱床群の鉱化作用の周縁部に当るものと考えられる。

(5) IP 法による物理探査により、San Vicente 地域に 3 箇所、Tatasi 西部地域に 2 箇所、計 5 箇所の IP 異常帯を捕捉した。San Vicente 地域で捕捉された IP 異常帯は、

Seis de Agosto 脈付近、Quebrada San Francisco の両側、および Monserrat 坑立入坑道付近にみられ、Tatasi 西部区域の IP 異常帯は、San Gregorio 脈に沿う位置、および Portugalete から San Vicente を結ぶ道路沿いの位置にみられる。

(6) 試錐については、Monserrat 区域で 2 本、San Vicente 鉱山区域で 1 本、計 901.6m が実施された。Monserrat 区域の No. 52-1 試錐孔では、前述の幅 65cm の錫鉱脈と、その上下盤割に細脈群が捕捉され、同じく No. 52-2 試錐孔では、同様な細脈群を捕捉し、両試錐孔とも絹雲母化作用、珪化作用、黄鉄鉱化作用による顕著な変質がみられた。San Vicente 鉱山区域の No. 52-3 試錐孔では、地表付近で Cantera (カンテラ) 脈の西部延長部が捕捉された。また、Seis de Agosto 脈の下部延長部には達着したが、品位は良くなかった。

(7) これらの調査結果により、調査を要する地区として、① San Vicente 地域の Quebrada San Francisco 付近の IP 異常帯、② San Vicente 鉱床群の下部および東西延長部、③ Monserrat 鉱床群の下部および東西延長部、④ Tatasi 鉱山 Guadalupe 坑鉱脈群の下部、⑤ Tatasi 鉱山の San Gregorio 脈の下部および北西延長部、⑥ Portugalete 西方の道路沿いの IP 異常帯が選定された。今後の調査としては、IP 法による物理探査が有効なことから、上記要調査地区のうち Quebrada San Francisco 付近の IP 異常帯および Monserrat 区域の IP 異常帯の、それぞれの東限および西限の確認のため、IP 法により物理探査を行なうべきであり、また上記の要調査地区において、試錐を実施すべきである。

(8) なお Tatasi 鉱山の Chicharrona 脈および Tusti 脈は、往時盛大に採行された鉱脈であるが、今回入坑不可能のため調査し得なかった。往時の採掘跡が鉱脈の下限であるかどうかは、Guadalupe 坑の鉱脈群および San Gregorio 脈の下部への試錐によって、鉱脈の伸展状況を見極めたのち、Chicharrona 脈および Tusti 脈の下部に対し、試錐を実施すべきであろう。

第6章 第3年次調査

本調査の目的は、第2年次の調査結果によって抽出された San Vicente 地域を対象として、この地域に含まれる San Vicente 鉱山区域、および Monserrat 区域に対して探鉱を実施し、これらの区域の鉱脈群の下部鉱況の確認、東部～西部への連続性の検討を行ない、これらの区域における下部探鉱、および全般的な開発に対しての指針を得ると共に、新鉱床を発見することであった。

このため、第3年次調査は IP 法による物理探査、および試錐が実施され、またこれに附随した若干の地質調査が行なわれた。

6-1 調査方法

6-1-1 物理探査

物理探査は、Dipole-Dipole 電極配置の IP 法が実施された。IP 法の実施地域は、Monserrat 区域と San Vicente 鉱山区域の2区域に分けられ、Monserrat 区域では、電極間隔 50m で6測線(延長13.9km)、および電極間隔 100m で1測線(測線延長25km)について、IP 調査を実施した。San Vicente 鉱山区域でも同様に、電極間隔 50m で4測線(測線延長12km)、および電極間隔 100m で1測線(測線延長3km)について IP 調査を実施した。従って、第3年次の IP 調査は、電極間隔 50m で 25.9km、電極間隔 100m で 5.5km、総延長 31.4km である。

6-1-2 試錐

San Vicente 地域において、Fig. 2 に示される位置で、5孔掘進延長 1,506.50m の試錐が実施された。このうち3孔計 903.60m は、San Vicente 鉱山区域に実施され、他の2孔計 602.90m は、Monserrat 区域に対して行なわれた。

6-2 第3年次調査結果

(1) San Vicente 鉱床群においては多数の脈が存在しているが、その規模から、また鉱化作用の優劣さからして、San Vicente 鉱床群中では最も重要な脈であり、第2年次の調査によって、同脈の西部延長およびその下部の探査が重要であるとされた Seis de Agosto 脈に対して第3年次は、2本の試錐が実施された。そのうちの1孔は No. 53-3 試錐孔で、本試錐は Seis de Agosto 脈の西部延長部の下部を探査する目的で実施された。本試錐の結果、Seis de Agosto 脈とみられる鉱化部に、0m 坑準下部 230m で達着したが、(試錐深度 181.6m ~ 182.0m) 鉱化作用は劣勢であり、粘土化、珪化脈であった。本着鉱部の試料について、X線回折を実施したが、石英、絹雲母、カリ長石、明ばん石を主とし、カオリナイト、緑泥石を伴

った変質鉱物が見られ、鉱石鉱物としては、示徴程度の閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄錫鉱、黄鉄鉱などが、極く微量検出されたのみである。他の1孔の試錐はNo. 53-2 試錐孔で、本試錐は Seis de Agosto 脈中央よりやや西寄りの下部探査を目的として実施された。この試錐結果は、0 m 坑準下120 m で着脈し、試錐深度16470 m ~ 16490 m 間0.20 m に対し銀0.011%, 鉛0.34%, 亜鉛2.36%, 銅0.09%, 16600 m ~ 16710 m 間1.10 m で銀0.002%, 鉛0.09%, 亜鉛0.45%, 銅0.01%, 16710 m ~ 16800 m 間0.90 m で銀0.010%, 錫0.02%, 鉛0.16%, 亜鉛1.83%, 銅0.32% の値を示し、錫品位についてはいずれも示徴程度の品位の域を出なかった。これらの品位は、16490 m 付近と、16650 m 付近の細脈と、それぞれの上下盤の微弱鉱染部から採取した試料を分析した品位である。裂罅の幅は狭く、細脈となっており、また16490 m ~ 16600 m 間は未鉱化、未変質の赤色砂岩が挟みとなっている。これらの砂岩が脈間にあるに関わらず、未変質であることなどから、この部分の鉱化作用は、上部既開発坑道に比し、はるかに劣勢となっている。第2年次 No. 52-3 試錐孔が、本孔西部200 m の地点で本脈に逢着しているが、示徴程度の品位しか有していない。以上の試錐結果より、Seis de Agosto 脈は西部および西部の下部で鉱況が悪い。全般的に既開発坑道での鉱化作用は、Seis de Agosto 脈の中央部、およびやや東部の支脈と交差している間が最も良好で、脈幅、品位共に優勢である。従って、鉱化部の下部に対する境界は、西で浅く中央に向い深くなり、また東で浅くなる傾向を有することが考えられる。この中央部から東部支脈との交差部付近の鉱化作用の良好な部分は、品位のみならず裂罅の発達からみて、下部に連続するものと考えられるので、早急に採鉱を行なつて、今後の開発計画に資すべきと考えられる。

No. 53-2 試錐孔においては、0 m 坑準下部280 m で、Deseada 脈の珪化脈に逢着し、鉱徴を認めているので、今後0 m 坑準と、この間での鉱況を調査するための試錐採鉱が必要である。

San Vicente 脈群に見られる帯状分布を考察し、Quebrada San Francisco の左岸に発達する San Francisco 脈に、銀-鉛帯が波及する傾向を有し、またIP調査によって、同脈付近に高FE帯が存在していることが把握されたので、同脈に対して、1本の試錐を実施した。しかし、San Francisco 脈に該当する鉱化部は、試錐深度117 m 付近で珪化、粘土化作用が発達し、亀裂、裂罅の空隙を伴う部分と考えられ、有力な鉱脈に逢着しなかった。San Francisco 脈の上下盤に、細脈状もしくは鉱染状に鉱化作用が発達している部分があるが、鉱化作用は劣勢であり、やや品位が良好な部分は、試錐深度15330 m ~ 15550 m 間220 m で銀0.003%, 鉛0.03%, 亜鉛2.03%, 銅0.05% で、その他は見るべき品位がなかった。本脈の露頭部では、銀、亜鉛などの鉱化は劣勢であるが、珪化作用、黄鉄鉱化作用が強く、また試錐によって捕獲された鉱脈、もしくは鉱染部は珪化作用、黄鉄鉱化作用が普遍的に

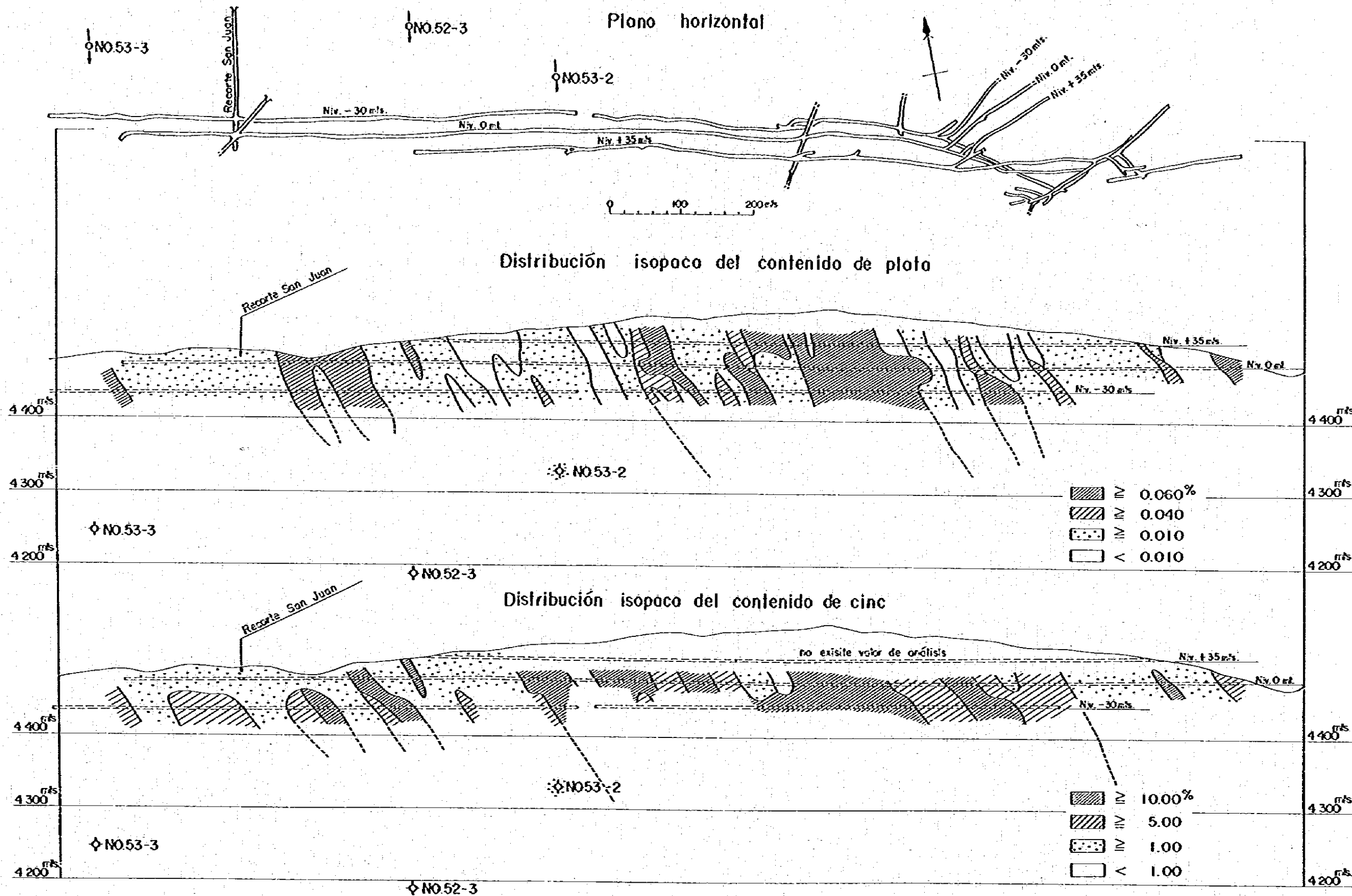


Fig.16 Plano de sección longitudinal de la veta Seis de Agosto

入っており、I P異常はこれら変質鉱物の存在に由来したものと推定されるが、相当規模の変質帯があることより、さらに下部について興味を持たれるのではないかと考えられる。

(2) Monserrat 鉄床群については、第3年次にNo. 53-4, No. 53-5 試錐が実施された。各試錐孔とも多数の細脈を把握し、その対比が困難であるため、主要な脈に接近した数脈を一括してグループ名を付した。Salvadora 下盤に発達する脈よりなるグループを①Salvadora 下盤脈グループとし、②Salvadora 脈およびこの脈に近接した脈をSalvadora 脈グループとし、同様な方法で、③Salvadora 上盤脈グループ、④A脈グループ、⑤B脈グループ、⑥San Martin 脈グループ、⑦San Martin 上盤脈グループに分類した。

① Salvadora 下盤脈グループについては、No. 52-1 試錐孔, No. 53-4 試錐孔でみられたが、鉄化作用は劣勢で品位は示徴程度である。

② Salvadora 脈グループについては、第2年次実施のNo. 52-1 試錐孔において深度29550mで着鉄しているが、No. 53-4 試錐孔でも着鉄し、深度17935m~20617mで3本の脈を捕捉した。この3本の脈中、2本の脈が品位良好でその深度、品位は下部より1886m付近において、幅0.6mで銀0.037%, 錫0.69%, 亜鉛0.30%, 鉛0.05%, 銅1.69%, 17935m付近では、幅2.1cmで銀0.007%, 錫0.03%, 亜鉛1.08%, 鉛0.14%, 銅1.14%を示した。これらの脈はNo. 52-2 試錐孔の29013m~29040mの着鉄部に連続するが、低品位である。これからして、Salvadora 脈は東部で劣化し、西部で優勢となっている傾向が見られる。

③ Salvadora 上盤脈グループについては、No. 53-4 試錐孔の深度2830m~15500m間の数脈がこれに属し、深度6546mで着鉄した幅10cmの脈が最も良好で、銀0.089%, 錫0.16%, 亜鉛1.17%, 鉛0.02%, 銅0.34%の値を示している。

④ A脈グループは、No. 52-2 試錐孔, No. 53-5 試錐孔に現われるが低品位で余り期待は持てない。

⑤ B脈グループは、No. 53-5 試錐孔の深度21009m付近に現われた脈により構成されるが、主として珪化部、絹雲母化部で鉄化作用は示徴程度である。

⑥ San Martin 脈は、地表に露頭を有し、Salvadora 脈と共に Monserrat 区域の主要脈の一つとなっているが、No. 53-5 試錐孔によってその下部延長が捕捉され、試錐深度⑧5093m~5160m間幅0.67m、⑨5160m~5170m間幅0.10mの二箇所の合計の幅0.77mに対する平均品位は、銀0.044%, 亜鉛1.38%, 錫0.82%, 鉛0.19%, 銅0.74%の値を示し、銀、錫品位が高かった。この部分の構成鉱物は、黄錫鉄、黄鉄鉄、閃亜鉛鉄、淡紅銀鉄を主とし、ブーランジュライト鉄などよりなり、複雑な共生を示している。

⑦ San Martin 上盤脈グループの脈は、No. 53-5 試錐孔の深度2380m~3990m間に見られるが、いずれも品位が低い。

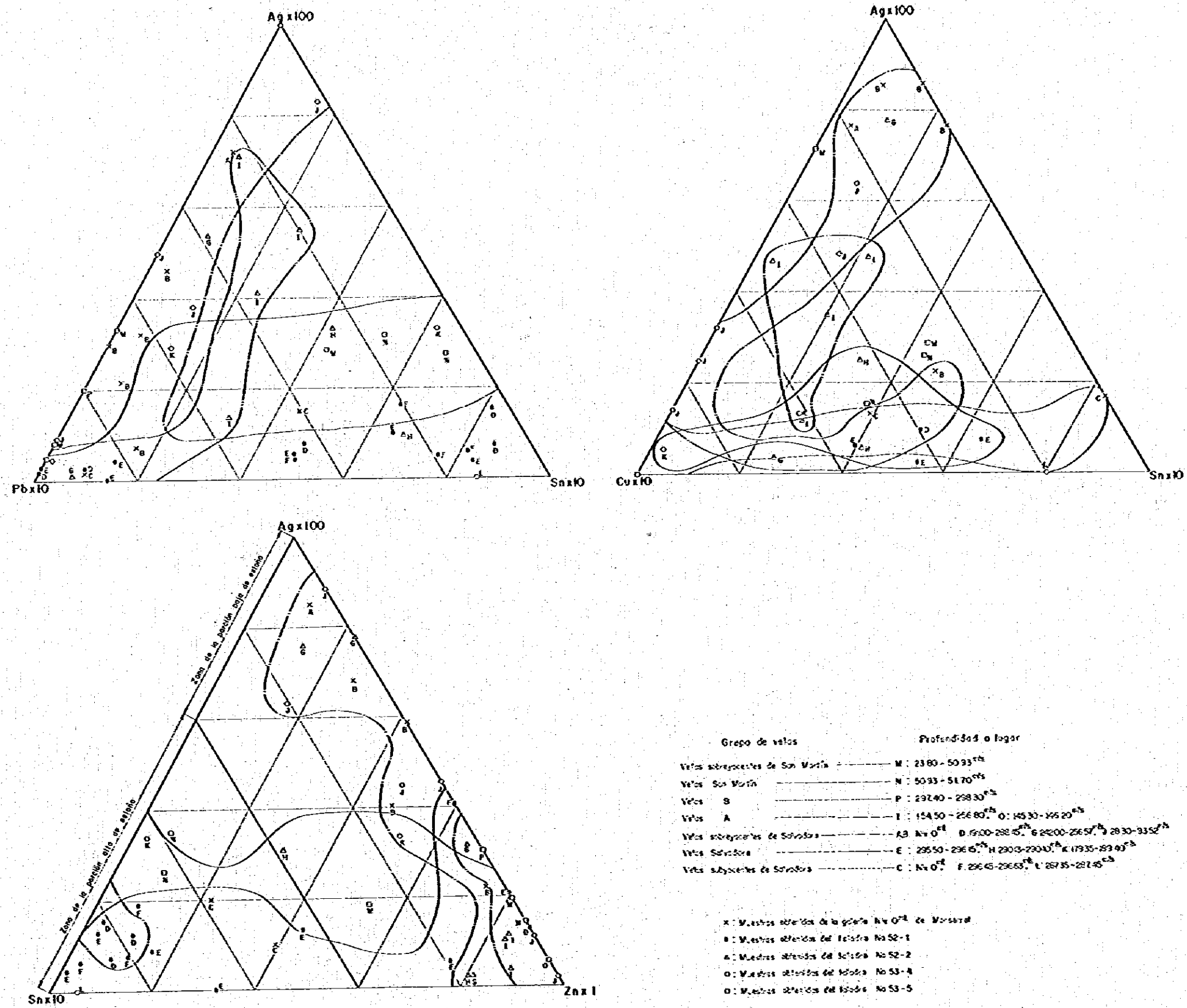


Fig.17 Diagramas Iriongulares de Ag-Pb-Sn, Ag-Sn-Cu y Ag-Sn-Zn por cada grupo de vetas de la zona Monserral

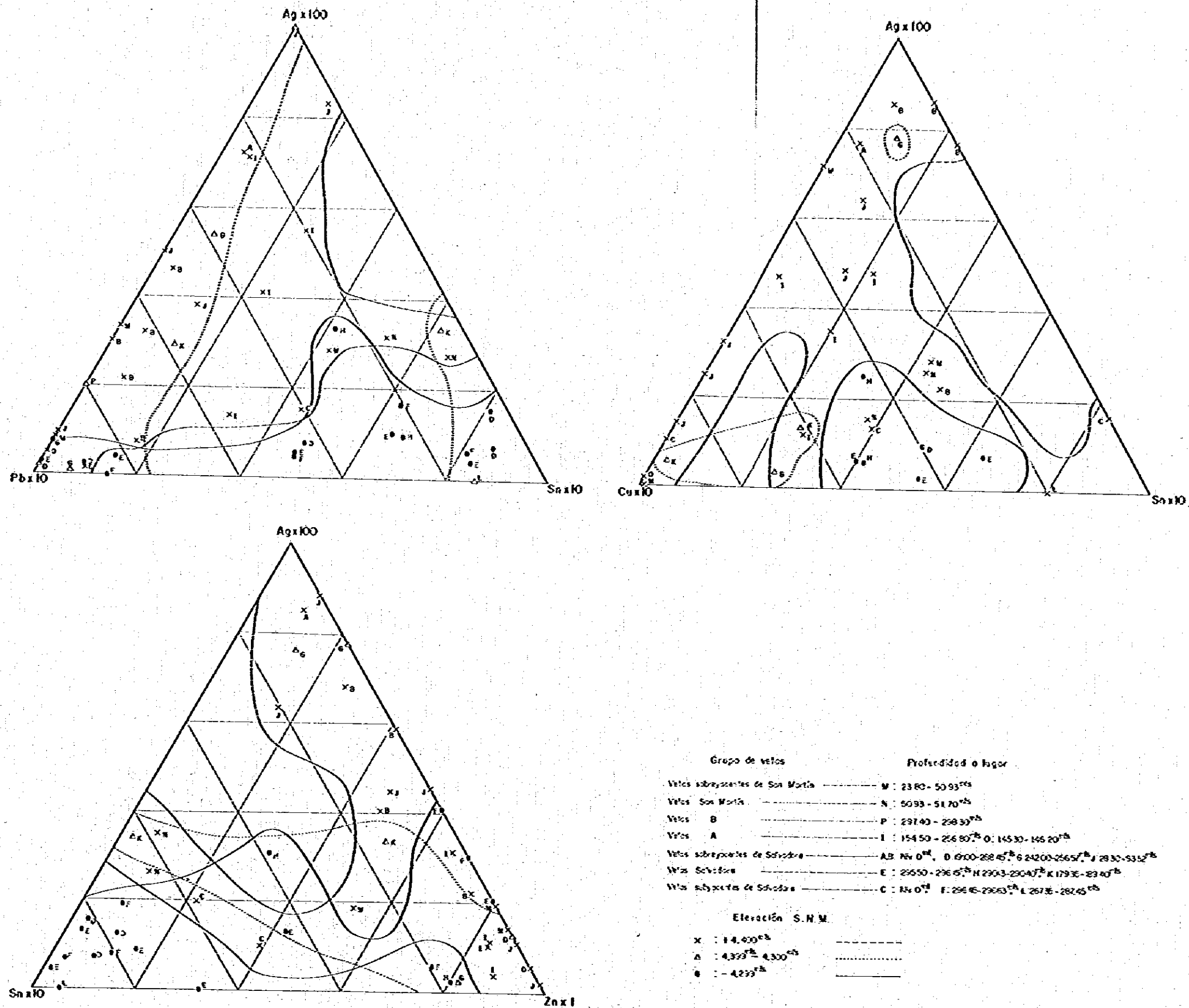
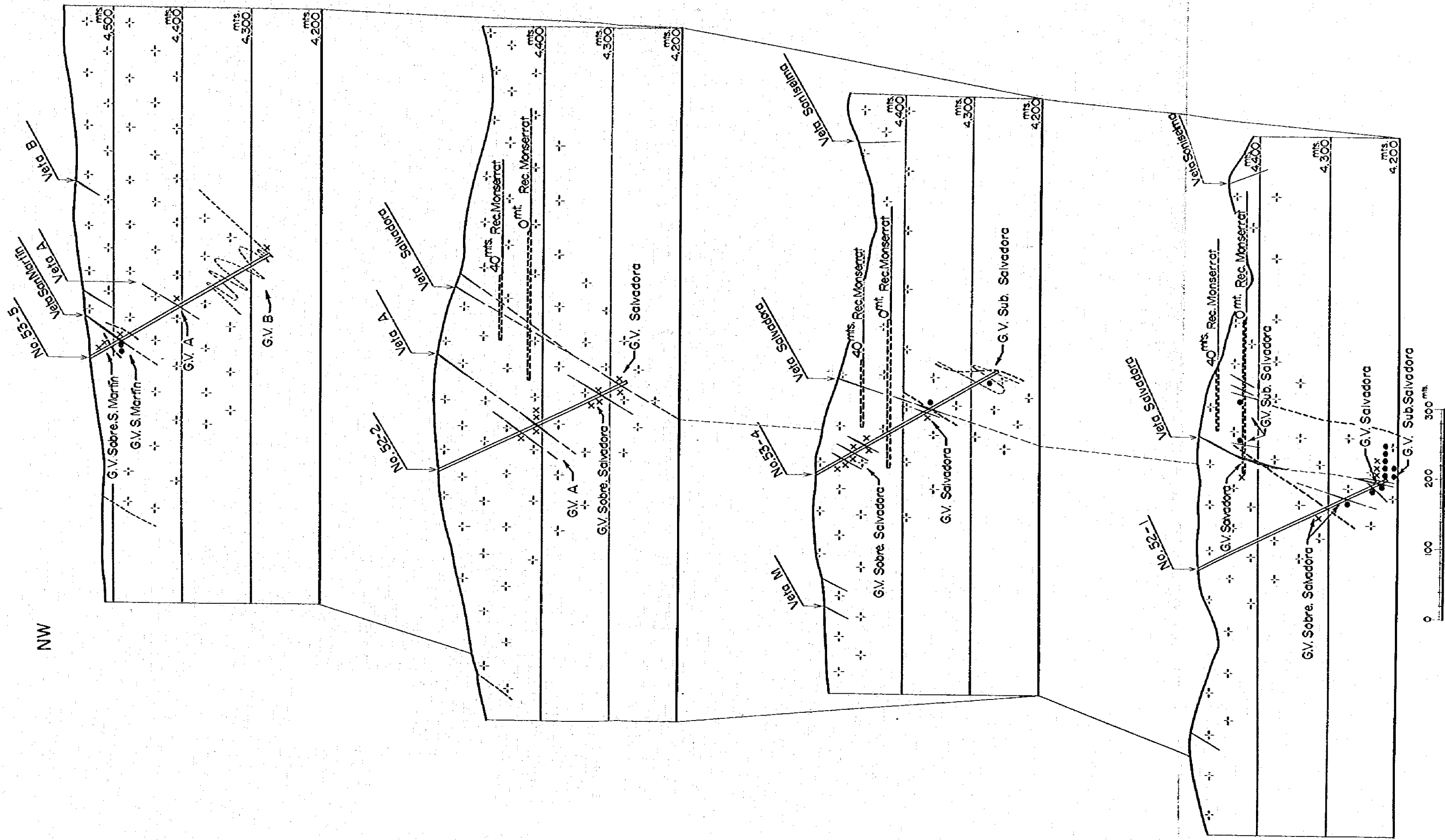


Fig.18 Diagramos triangulares de Ag-Pb-Sn, Ag-Sn-Cu y Ag-Sn-Zn por las alturas de la zona Monserrat

NW

SE



LEYENDA

~ : Límite entre las zonas de alta y baja proporción de estaño.

x : $\frac{Sn \times 10}{Ag \times 100 + Zn + Sn \times 10} < 40\%$ Baja proporción del contenido de estaño

ABREVIACION

G.V. Sobre S. Martin

G.V. S. Martin

G.V. B

G.V. A

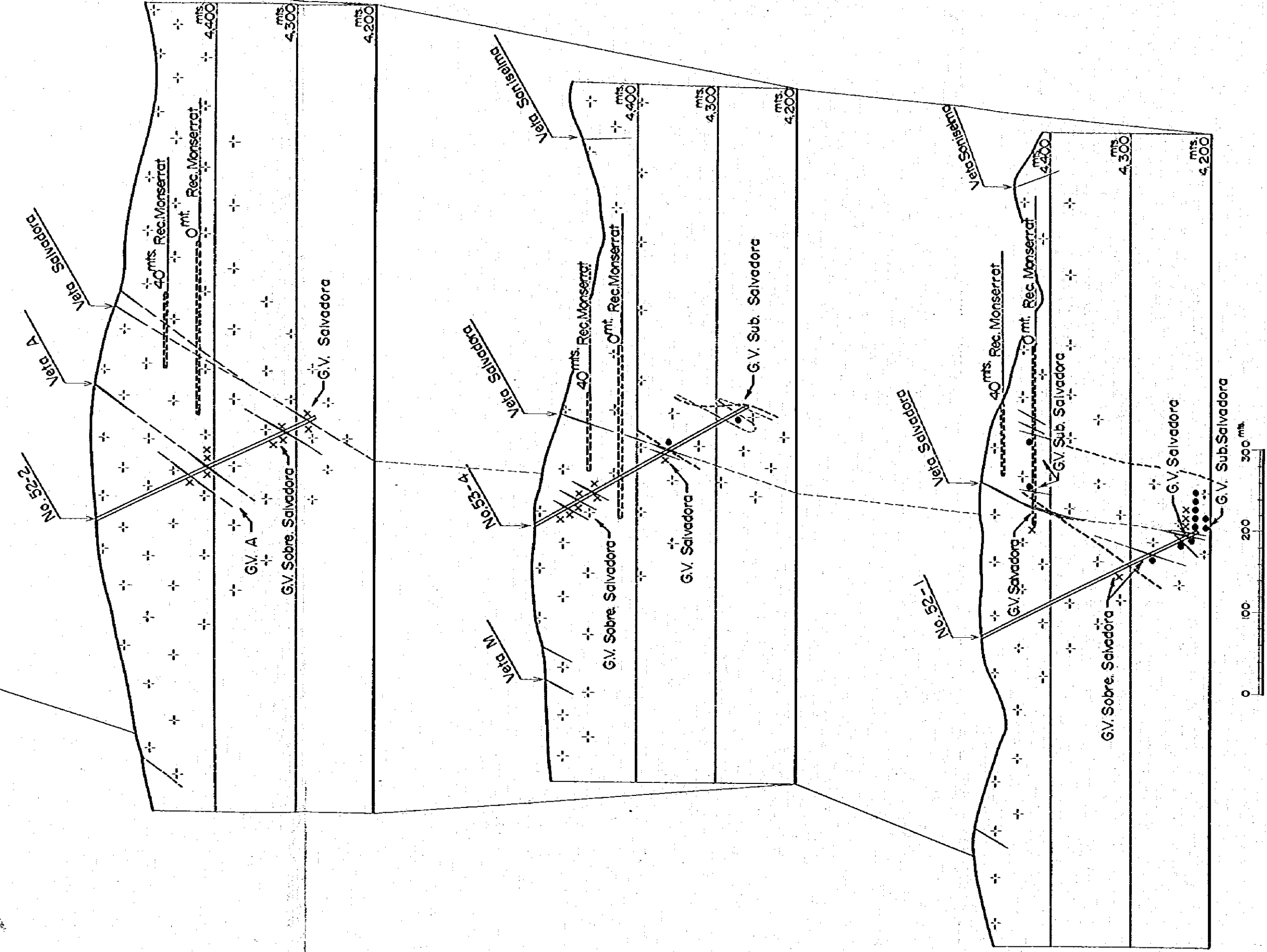
G.V. Sobre Salvadora

: Grupo de vetas sobreyacentes de San Martin

: Grupo de vetas San Martin

: Grupo de vetas B

: Grupo de vetas A



LEYENDA

- ~ : Límite entre las zonas de alta y baja proporción de estaño.
- X : $\frac{Sn \times 10}{Ag \times 100 + Zn + Sn \times 10} < 40\%$ Baja proporción del contenido de estaño
- : $\frac{Sn \times 10}{Ag \times 100 + Zn + Sn \times 10} > 40\%$ Alta proporción del contenido de estaño
- + + + : Zona alterada

ABREVIACION

- G.V. Sobre S. Martín
- G.V. S. Martín
- G.V. B
- G.V. A
- G.V. Sobre Salvadora
- G.V. Salvadora
- G.V. Sub. Salvadora
- de vetas sobreacentes de San Martín
- de vetas San Martín
- de vetas B
- de vetas A
- de vetas sobreacentes de Salvadora
- de vetas Salvadora
- de vetas subyacentes de Salvadora

Fig. 19 Plano diagramático de perfiles de la zona Monserrat

以上の試錐の結果よりみれば、Montserrat 鉱床群中最も連続性が認められる鉱脈グループは、Salvadora 脈グループである。この鉱脈グループの水平方向での鉱況変化については、西部程鉱況が良好であり、また概して下部程品位が高い傾向を有する。

San Martin 脈については、着鉱部の品位が比較的良好で、今後水平方向に対する採鉱およびそれらの下部探査を実施して、展延状況を確認することが必要であろう。San Martin 脈は細脈であるが、極めて銀品位の高い部分があり、興味を持たれる。

(3) Monserrat 鉱床群における共生鉱物は複雑であるため、試錐孔より得た試料に対し顕微鏡観察、X線回折およびX線マイクロアナライザーを実施して、鉱物組成を明らかにした。この結果、San Vicente 鉱山鉱床群と比べ、Montserrat 鉱床群においては、その構成鉱物に若干の相違があることが分かった。

Monserrat 鉱床群の構成鉱物は、閃亜鉛鉱、四面銅鉱、黄錫鉱、錫石、黄銅鉱、黄鉄鉱、白鉄鉱、ブーランジュライト鉱などが複雑に共生している。特に黄錫鉱、錫石、四面銅鉱に富み、これらに由来した錫、銀の品位が高く、この点でSan Vicente 鉱床群と異なっている。

またMontserrat 鉱床群については、第2年次、第3年次に実施された4試錐孔のコア分析値と、0m坑道で第2年次に採取された試料の分析値67個について、各元素間の相関関係を調査したが、銅-錫の相関係数^{*}は極めて高く、銅-錫間に密接な相関関係が存在することが確認された。これは上記の構成鉱物の関係から、錫が黄錫鉱に由来していることが明らかである。また銀は銅および錫と高い相関を示し、銀品位は銅と銀を有する四面銅鉱に由来していることも明らかであり、黄錫鉱と四面銅鉱の共生により、錫と銀とが、また比較的高い相関を示す。Montserrat 鉱脈群の高い有価鉱物としては、銀、錫が主であり、この相関関係からみれば、黄錫鉱、四面銅鉱に富む鉱脈を採鉱することが重要と考えられる。

(4) San Vicente 鉱床群、Montserrat 鉱床群に実施した各試錐孔のコアにみられる変質鉱物は、両鉱床群とも石英、カオリナイト、カリ長石、明礬石、緑泥石などより構成され、この変質作用は中性帯K系の絹雲母化帯に属する(歌田、1977)。しかし、変質の形態は大きく異なり、San Vicente 鉱山区域では、脈沿いの狭い範囲に変質帯が存在し、Montserrat 区域では試錐実施範囲全体が広く変質し、かつ深い変質帯であった。No. 53-4 試錐孔で掘削深度266m付近より未変質の赤色礫岩に達し、一部で変質帯の基底部を把握しており、これからみるとMontserrat 区域の変質帯は東西に長く、南北方向では地表で広く、深部では狭いのではないかと推定される。

(5) 第3年次実施の試錐孔に見られる裂隙は、全般的に狭く、特にSan Vicente 鉱床群の

* $n=67$ $\phi = 67-2=65$

銅-錫相関係数=0.95262, 銀-銅相関係数=0.51636,

銀-錫相関係数=0.46837, いずれも危険率1%で有意。

Seis de Agosto 脈の西部の下部では狭くなっている。Montserrat 区域においては、鉍脈は連鎖状、網状、雁行状などの複雑な形態を示し、裂罅形成にあずかった地層内の応力分布は、かなり不均一であったと考えられる。しかし、変質帯の分布からみると、下部でその分布が狭くなるような傾向もあり、この狭い範囲に応力が収斂して、上部に比して大きい裂罅を形成する可能性もあるので、主要脈に対する下部探査を行ない、各脈の対比を行なって裂罅系を明らかにして、富鉍部の発見に努めるべきと思われる。

(6) 物理探査については、第2年次の物理探査(I P法)の結果、San Vicente 鉍山区域においては、Quebrada San Francisco を中心とした大きな高F E異常帯が、F 測線(Seis de Agosto 脈東端付近を南北に走る測線)から西方に広がっていることが確認され、第3年次においては、この高F E異常帯の西方への伸展状況を、I P法によって調査することとした。

また Montserrat 区域においては、地表の粘土化変質帯の分布と、高F E異常帯の分布とが一致し、さらにこの高F E異常帯でも、最も高いF E値が第2年実地試験調査により発見された高銀錫脈の周辺に現われ、Montserrat 区域では、変質帯、鉍化帯の分布とI P異常帯とが極めてよく一致した。このため、第3年次はこのI P異常の東方への伸びを調査し、鉍床賦存の可能性を検討することとした。その結果は次の通りである。

① 物理探査(I P法)の適応性の問題であるが、Seis de Agosto 脈については、脈の位置付近に明らかな高F E異常帯が存在し、電極間隔、電極移動間隔をそれぞれ50 m、電極間隔係数を1~4まで変化させれば、充分鉍脈の存在を確認出来ることが判明した。これによって、San Vicente 鉍床群のような類似鉍床に対してのI P法(Dipole-Dipole 電極配置)の調査が、有効であることが確認された。

② 第2年次調査によるQuebrada San Francisco 周辺の範囲の広い高F E異常帯は、San Francisco 旧坑の西方で、最もF E値が高くなっており、この位置でNo. 53-1 試験が実施され、本試験孔には粘土化変質帯が、1~20 m程度の幅で数ヶ所存在し、これに細粒黄鉄鉍の鉍染、あるいは微細脈を伴っている。この高F E帯分布地域の西部は、薄い表土に被われ、露頭がみられないが、表土層の下にNo. 53-1 試験孔にみられるような変質帯、微細脈が発達して、高F E異常値を示したのではないかと想定される。

③ Montserrat 区域においては、Salvadora 脈とA脈に相当する部分が高F Eで、かつ低比抵抗帯が現われ、西に向ってこの異常帯は深くなる傾向にあり、西部では深部に期待が持たれる。特にNo. 52-1 試験孔西部のE測線、F測線付近は、Montserrat 区域中最高のF E値を示し、No. 52-1 試験孔で着鉍した富鉍部が、この辺まで連続することが充分考えられ期待が持てる。しかし、この西部のG測線では、F E値が急減しているため、Montserrat 鉍床の鉍化帯、変質帯はこの辺に境界を有しているのではないかと考えられる。

④ Monserrat 区域と San Vicente 鉱山区域の間にある, Cerro Coronación 付近には, FE 値, 見掛比抵抗値共に異常と考えられる値は示しておらず, 地表での知見ではこの付近に細い銅鉱脈があるが, IP 結果より推測すると, この細い銅鉱脈が肥大する期待は持てない。

(7) 以上の第3年次の調査結果より, 結論および今後の方針は次の通りである。

1) Seis de Agosto 脈については, 西部およびその下部への展延性は望めないが, 中部および東部へかけての下部探鉱については期待が持てるので, 早急に探鉱を実施し, San Vicente 鉱山の開発速度にあわせて, 下部に鉱量を獲得する必要がある。その方法としては, 中央部から東部にかけて等間隔に試錐を実施し, また着鉱後沿層掘下りを実施して, 上下での鉱化作用の状況, 特に構成鉱物の変化を観察し, 今後の開発方式の立案に資すべきと思う。

2) Seis de Agosto 脈の西部は, 支脈などの発達が少ない, 単純な裂罅系となっているが, 中央部から東部へかけ, 本脈の支脈が発達し裂罅系に変化があり, Seis de Agosto 脈自体の鉱況もよい。この点から裂罅系が, さらに複雑である Seis de Agosto 脈北東部の Guernica 脈より, Seis de Agosto 脈間の各脈の下部探査に期待が持たれ, 試錐による下部探査を, この付近に実施すべきである。

3) San Francisco 脈および下部延長部に実施した試錐では, 良好な結果が得られなかったが, 相当な粘土化, もしくは珪化変質帯が存在しているので, なお水平延長部の下部探査を実施する必要がある。特に IP 異常帯が広く分布している, San Francisco 脈の西部延長部が予想される位置には試錐を実施し, 下部の鉱況を調査する必要がある。

4) Monserrat 鉱床群の Salvadora 脈は, 下部で高錫帯となっており, また銀, 鋁の品位が良好である。試錐の結果は, 西部の No. 52-1 試錐孔の着鉱部が最も良好で, 西部かつ下部で良好となっており, No. 52-1 試錐孔西部の下部に, 期待が持たれる。IP 異常の高 FE 帯も本脈に沿って存在し, 特に西部では, 高 FE 帯が深部に移行する傾向を示し, 試錐調査による期待性と, 物理探査による期待性が調和し, Salvadora 脈の西部下部延長部の探査が期待される。しかし IP 異常帯には西縁が明らかに現われており, 鉱化作用の限界がこの辺に存在する可能性がある。

また本鉱床群の San Martin 脈については, 浅部で着鉱し, その水平延長下部探鉱を実施して, 鉱況を明らかにすべきである。この部分も IP 異常帯が存在し, 東西にこの異常帯が展延しているため, 充分興味を持たれ, 本脈について試錐を実施することは有効と考えられる。

5) Monserrat 鉱床群の鉱脈の形態は複雑であり, 各鉱脈の相互関係を明らかにするため, No. 53-5, No. 52-2, No. 52-1 試錐孔の地質断面に沿った方向でのトレンチによる地表露頭調査, および 0 m 立入坑道の掘進経路を行なって, 裂罅系を明らかにする必要がある。

6) San Vicente, Monserrat 鉱床群の構成鉱物は変化に富み, 鉱物の研究結果, 銀およ

び錫品位の多くは四面錳錳，黄錳錳に由来しており，産出錳石の価値を高めるには，これら錳物の回収率を向上することが絶対に必要である。特に Monserrat 錳床はその傾向が強く，今後精密試験調査に移行するには，これら錳石錳物の回収を考慮した上で，開発計画を策定しなければならない。